



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000241782 A**

(43) Date of publication of application: 08.09.00

(51) Int. Cl. **G02F 1/11**
H04B 10/02

(21) Application number: **11042082**

(22) Date of filing: **19.02.99**

(71) Applicant: FUJITSU LTD

(72) Inventor: KAI TAKETAKA
ONAKA HIROSHI
SAITO YOSHIHIRO
KUBODERA KAZUMASA

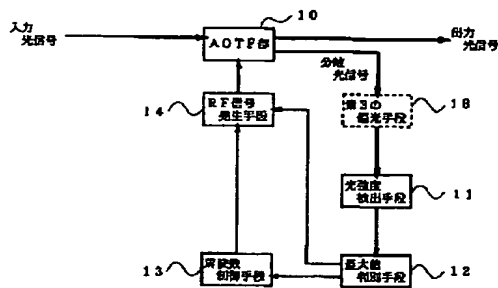
(54) VARIABLE WAVELENGTH SELECTIVE FILTER
AND BRANCHING/ INSERTING DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To select an optical signal of a desired wavelength even in the case of a temp. change and a secular change, etc.

SOLUTION: Relating to this device, the light intensity of the optical signal branched is detected by an acoustooptical tunable filter(AOTF) part 10 to be outputted while changing a frequency of an RF signal generated by an RF signal generation means 14 by a maximum value discrimination means 12. The maximum value discrimination means 12 discriminates a maximum value for the optical signal of the prescribed wavelength from the detection value. A frequency control means 13 applies the frequency of the RF signal imparting the maximum value to the AOTF part 10. Thus, the optical signal of the desired wavelength is branched/inserted precisely.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



THIS PAGE BLANK (USPTO)

er) (以下、「OADM」と略記する。)装置が研究開発されている。このOADM装置は、固定波長の光信号を分岐・挿入することのできる波長固定型のOADM装置と任意波長の光信号を分岐・挿入することができる任意波長型のOADM装置がある。一方、音響光学チューナブルフィルタ (Acousto-Optic Tunable Filter) (以下、「AOTF」と略記する。)は、選択する波長の光のみ抽出するように動作するため、AOTFを通過する光信号に対する波長特性はフラットである。そして、選択する波長が固定であるファイバグレーティングと異なり、任意に波長を選択することができる。さらに、可変波長選択フィルタでもあるので、端局間において光信号を分岐・挿入する局でもあるトリビュタリ間における波長選択フィルタとしても使用することができ、このような理由により、AOTFを使用したOADM装置が研究開発されている。

【0002】
【従来の技術】図20は、従来のAOTFの構成を示す図である。図20において、AOTFは、圧電作用を示すニオブ酸リチウムの基板上に2本の光導波路201、202を形成する。これら光導波路201、202は、互いに2箇所で交叉しており、これら2つの交叉する部分に偏光ビームスプリッタ (Polarization Beam Splitter) (以下、「PBS」と略記する。)203、204が設けられている。

【0003】また、2つの交叉する部分の間において、2本の光導波路201、202上には、金属膜のSAWガイド206が形成されている。このSAWガイド206には、櫛を交互にかみ合わせた電極 (Inter Digital Transducer) (以下、「IDT」と略記する。)205にRF信号を印加することによって発生する弾性表面波 (Surface Acoustic Wave) が伝搬する。

【0004】このAOTFに入力する入力光は、TEモードとTMモードとが混在した光であるが、PBS203によってTEモードとTMモードに分かれて光導波路201、202を伝搬する。ここで、特定の周波数のRF信号を印加することにより弾性表面波がSAWガイド206に沿って伝搬すると、SAWガイド206と交叉している部分において2つの光導波路201、202の屈折率は、周期的に変化する。そのため、入力光のうち、この屈折率の周期的な変化と相互作用をする波長の光のみTEモードとTMモードとが入れ替わり、そして、この入れ替わった光は、PBS204によって進行方向が変わり、相互作用をした波長の光のみが、分岐光として選択され、相互作用をしなかった波長の光は、透過して出力光となる。

【0005】一方、挿入される挿入光も同様に、PBS203によってTEモードとTMモードとに分かれて光導波路201、202を進行し、弾性表面波と相互作用を起こし、特定の波長のみが各モードが入れ替わり、透

行方向が変わって挿入され出力光となる。このように、AOTFは、RF信号の周波数に応じた波長の光のみを選択して分岐させることができ、さらに、このRF信号の周波数を変化させることによって選択される光の波長を変えることができるから、可変波長選択フィルタとして作用する。

【0006】なお、本明細書において、図20に示すニオブ酸リチウムの基板上に形成された光を分岐・挿入 (通過) する本体部分をAOTFまたはAOTF部と称し、この本体部分に光を分岐・挿入 (通過) させるための周辺装置を付加し、これら全体を指すときは、可変波長選択フィルタと称することとする。また、AOTFは、任意波長の光を分岐・挿入することができるから、OADM装置に使用することができる。本特許出願人は、このAOTFをOADM装置に使用した発明について特願平10-090383号として既に出版している。

【0007】次に、この未公開である特願平10-090383号に記載されているOADM装置について説明する。図21は、図20に示すようなAOTFを用いたOADM装置の第1の基本構成を示す図である。図21に示すOADM装置は、8つの波長の光信号を分岐して受信処理することができ、8つの波長の光信号を生成し受信処理することができ、8つの波長の光信号を生成して挿入することができる場合を示している。ここで、光信号を受信処理する各構成は、各々同一であるので1つの構成を示し、残りの構成は、省略して図示していない。

【0008】図21において、WDM光信号は、AOTF部210に入力され、AOTF部210に印加されたRF信号の周波数に対応する波長の光信号が、AOTF部2100の分岐ポートから分岐光信号として分岐する。この分岐光信号は、光を増幅する光アンプ217によって増幅された後、1×8光カプラ218に入力する。この1×8光カプラ218によって分岐光信号は、8つに分岐されて分岐し、AOTF部219に入力する。したがって、分配された分岐光信号の各々には、AOTF部210によって分岐したすべての波長の光信号が含まれている。このためAOTF部219によって、光受信機220において、より受信処理される。

【0009】一方、挿入される挿入光信号は次のようにして生成される。光源となるレーザダイオード (以下、「LD」と略記する。)211は、挿入すべき光信号の波長に対応する波長のレーザ光を発生し、挿入する光信号の数だけ、図21では、8つ用意されている。これら8つのLDからのレーザ光は、8×8光カプラ212に入力する。8×8光カプラ212は、8つの波長の光を分岐し、この合波した光を8つに分岐して分岐する。

何処にも接続していない選択ポートに出力する。そして、AOTF部232を通過したWDM光信号は、光カプラ233に入力する。

【0014】ここで、AOTF部231、232を2段に接続し接続したのは、AOTFの波長選択特性の幅が広く、「1TURN G. 692勧告」で規定される0.8nm間隔の波長の隣り合う光信号を1つのAOTFで分岐しようとする、クロストークが発生してしまうためである。このため、1段目のAOTF部231においてWDM光信号の偶数 (奇数) 番目の光信号を選択させ、2段目のAOTF部232においてWDM光信号の奇数 (偶数) 番目の光信号を選択させて、受信することができ、このように、AOTFは、OADM装置のWDM信号を通過・分岐・挿入する部分、挿入光信号を生成する部分および分岐光信号を受信処理する部分に使用される。

【0015】また、挿入される挿入光信号は、図21と同様に生成されるので、その説明を省略する。生成された挿入光信号は、光カプラ233に入力され、AOTF部231およびAOTF部232を通過したWDM光信号と合波され、WDM光信号として光伝送路に送出される。このように、AOTFは、OADM装置のWDM信号を通過・分岐・挿入する部分、挿入光信号を生成する部分および分岐光信号を受信処理する部分に使用される。

【0016】
【説明が解決しようとする課題】ところで、AOTFは、上述のようにRF信号の周波数に応じた波長の光のみを選択して分岐させることができるが、選択波長に対する温度依存性が高い。具体的には、同一周波数のRF信号を印加した場合に1℃温度が上昇すると選択波長が0.8nm (100GHz) 変化する。

【0017】このため、AOTFを使用したOADM装置において、0.8nm間隔で波長が配置されているWDM光信号では、選択しようとしている波長の光信号に対し隣の波長の光信号を選択してしまい問題である。また、OADM装置に使用されるAOTFをすべて同一温度に管理することは難しいことから、同一波長を選択するためにすべてのAOTFに同一周波数のRF信号を印加しても同一波長の光信号を選択できないという問題がある。

【0018】さらに、このRF信号によって選択される波長は、AOTFの製造にともなう素子のバリエーションや経年変化などにも敏感であるという問題もある。また、上述のようにAOTFにおける波長選択は、光をTEモードとTMモードとに分離し弾性表面波と相互作用させることによって制御していることから偏波が変化すると選択される波長が変化するという問題がある。

【0019】さらに、AOTFは、印加するRF信号の入力強度によって選択される光の強度が変化するという問題もある。このことは、図22のようなOADM装置においてAOTFによって選択ポートに出力される光の

岐した光は、光アンプ213によって増幅された後にAOTF部214に入力する。AOTF部214は、8つの波長の光が多重する光の中から挿入光信号に使用したい波長の光を選択して出力する。AOTF部214によって選択された光は、光変調器215によって変調され、光信号となり、8×1光カプラ216に入力する。

この8×1光カプラ216は、各波長の光信号を合波して挿入光信号を生成する。生成した挿入光信号は、AOTF部210に挿入ポートに入力される。

【0010】挿入光信号は、上述のようにAOTF部210が所望の波長の光信号を分岐するだけでなく、分岐した波長と同一の波長の光信号を挿入するので、AOTF部210によって挿入され、分岐しないで通過するWDM光信号とともにAOTF部210の出力ポートからWDM光信号として出力される。このように、AOTFは、OADM装置のWDM信号を通過・分岐・挿入する部分、挿入光信号を生成する部分および分岐光信号を受信処理する部分に使用される。

【0011】図22は、図20に示すようなAOTF部を用いたOADM装置の第2の基本構成を示す図である。図22に示すOADM装置は、8つの波長の光信号を分岐して受信処理することができ、8つの波長の光信号を生成して挿入することができる場合を示している。ここで、光信号を受信処理する各構成は、各々同一であるので1つの構成を示し、残りの構成は、省略して図示していない。さらに、図21と同一の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0012】図22において、WDM光信号は、光カプラ230に入力され、この光カプラ230によってWDM光信号は、2つに分岐する。分岐したWDM信号の一方は、AOTF部231に入力し、他方は、光アンプ217に入力する。この他方のWDM光信号は、光アンプ217によって増幅され、1×8光カプラ218に入力する。そして、この1×8光カプラ218によって8つに分岐されて分岐し、AOTF部219に入力する。このAOTF部219によって、光受信機220が受信処理する波長の光信号のみが選択され、光受信機220により受信処理される。

【0013】一方、AOTF部231に入力したWDM光信号は、受信処理する部分のAOTF部219と同一の光信号であってWDM光信号の偶数 (奇数) のチャネルの光信号を選択し、何処にも接続していない選択ポートに出力する。したがって、AOTF部231によって選択された波長の光信号は、捨てられる。AOTF部231を通過したWDM光信号は、AOTF部232に入力する。このAOTF部232においても、受信処理する部分のAOTF部219と同一の光信号であってWDM光信号の奇数 (偶数) のチャネルの光信号を選択し、

強度が変化することになる。仮に、R F信号の入力強度が適当でない場合には選択ポートに充分に光信号が選択されないから、選択ポートに出力することによって光信号を遮断する場合には、A O T Fで遮断すべき光信号を充分に遮断（リジェクト）できないという問題となる。

【0020】そこで、請求項1ないし請求項13に記載の発明では、A O T Fで使用することに好適な、温度変化や経年変化などが生じても所定波長の光信号を選択することができ、請求項14に記載の発明では、A O T Fで使用することに好適な、温度変化や経年変化などが生じても所定波長の光信号を充分に遮断することができる可変波長選択フィルタを提供することを目的とする。

【0021】請求項15ないし請求項17に記載の発明では、温度変化や経年変化などが生じても所定波長の光信号を分岐・挿入することができるQ A D M装置を提供することを目的とする。請求項18、19に記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の可変波長選択フィルタを利用することによってQ A D M装置などに利用されるスペクトルモニタを提供することを目的とする。【0022】請求項20に記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の可変波長選択フィルタを利用することによってスペクトルモニタの機能を兼ね備えたO A D M装置を提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】（請求項1、2、3、9、10）図1は、請求項1、2、3、9、10に記載の発明の原理構成を示す図である。

【0024】図1において、本可変波長選択フィルタは、A O T F部10、光強度検出手段11、最大値判別手段12、周波数制御手段13およびR F信号発生手段14から構成されている。ここで、A O T F部10と光強度検出手段11との間にある破線で示した第3の偏光手段18は、請求項10に記載の可変波長選択フィルタの構成要件であり、請求項1、2、3、9に記載の可変波長選択フィルタの構成要件ではない。

【0025】まず、請求項1に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。入力光信号は、印加するR F信号の周波数に応じて特定波長の光信号を分岐および挿入することができるA O T F部10に入力される。このA O T F部10は、請求項1、2、3に記載の可変波長選択フィルタにおいて、具体的に、受光した光信号と挿入すべき光信号とを合波するとともに合波した光信号をT Mモード光とT Eモード光とに分岐する第1の偏光手段と、分岐したT Mモード光を導波する第1の光導波路とT Eモード光を導波する第2の光導波路とにR F信号を印加するR F信号印加手段と、このR F信号を印加された第1の光導波路と第2の光導波路とからの光信号を合波するとともにR F信号に対応した波長の光

号と他の波長の光信号とに分岐する第2の偏光手段とを備えて構成される。

【0026】この第1および第2の光導波路に印加されるR F信号は、R F信号発生手段14によって発生し、R F信号発生手段14は、最大値判別手段12および周波数制御手段13によってその周波数が制御される。また、A O T F部10によって選択された光信号は、その光強度を検出する光強度検出手段11に渡し、光強度検出手段11の出力は、最大値判別手段12に印加する。

一方、A O T F部によって選択しなかった光信号は、A O T F部10から光伝送路に出力光信号として送られる。

【0027】この最大値判別手段12は、R F信号の周波数を変えながら光強度検出手段11から光信号の光強度を受信して、所定波長の光信号に対する光強度の最大値を判別し、この最大値を与えるR F信号の周波数を周波数制御手段13に出力する。この所定波長の光信号は、光伝送路中に1波しかなかった場合には、容易に判別でき、W D M信号の場合には、ある閾値以上の極大値の数と所定波長の光信号のチャネル（以下、「c h」と略記する。）数とを対応させて判別する。例えば、所定波長の光信号がc h3である場合には、3番目の極大値が所定波長の光信号の極大値である。

【0028】周波数制御手段13は、所定波長の光信号に対して光強度の最大値を与える周波数のR F信号を発生するようにR F信号発生手段14を制御する。このように構成の請求項1に記載の可変波長選択フィルタにおいては、最大値判別手段12によって所定波長の光強度が最大値となるようにR F信号の周波数を制御する。このため温度変化などにより特定波長を分岐・挿入するR F信号の周波数がずれたとしても補償されるので、常に、特定波長の光信号を分岐・挿入することができる。

【0029】なお、可変波長選択フィルタによって選択する光信号の特定波長とそのために適正なR F信号の周波数を探するための光信号の所定波長とは、同一の波長でも異なる波長でもよい。後述するように、R F信号の周波数と選択波長との関係は、温度が変化しても常に一定の関係があるから、所定波長を選択するR F信号の周波数が判れば、特定波長を選択するR F信号の周波数も判るからである。この場合には、周波数制御手段13において所定波長を選択するR F信号の周波数との対応付けを行う。

【0030】次に、請求項2に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項2に記載の可変波長選択フィルタにおいては、上述の最大値判別手段12は、R F信号の周波数を第1の周波数範囲で変えながら光強度検出手段11によって所定波長の光信号を検出して、この所定波長の光信号に対する光強度の第1の最大値を判別する。さらに、この第1の最大値を与えるR F信号の周波数の前後の周波数範囲においてR F信号の周

波数とその第1の周波数範囲より狭い第2の周波数範囲で変えながら光強度検出手段11によって所定波長の光信号を検出して、所定波長の光信号に対する光強度の第2の最大値を判別する。そして、この第2の最大値を与えるR F信号の周波数を周波数制御手段13に出力する。

【0031】なお、他の構成は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同一であるので、その説明を省略する。このように最初にR F信号の周波数を広い範囲で変えさせて所定波長に対する最大値を大雑把に探す。その後、その最大値を与えるR F信号の周波数に対して、前後の周波数範囲で、R F信号の周波数を狭い範囲で変化させて所定波長に対する最大値を正確に探す。このため、請求項2に記載の可変波長選択フィルタは、請求項1に記載の可変波長選択フィルタに較べより速くしかもより正確に最大値を判別することができるから、より速くしかもより正確に特定波長の光信号を選択することができる。

【0032】次に、請求項3に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項3に記載の可変波長選択フィルタは、請求項1に記載の可変波長選択フィルタにおいて、特定波長の光信号の周波数を変更する度に、周波数制御手段13は、この特定波長の光信号における光強度が最大値となるようにR F信号の周波数を制御する。

【0033】このように特定波長の光信号を選択する度に、特定波長の光信号を選択するR F信号の周波数を探索から、温度変化などによって特定波長を選択するR F信号の周波数がずれたとしても、正確に特定波長の光信号を選択することができる。次に、請求項9に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項9に記載の可変波長選択フィルタにおいて、A O T F部10は、R F信号印加手段を第1の光導波路に第1のR F信号を印加する第1のR F信号印加手段と第2の光導波路に第2のR F信号を印加する第2のR F信号印加手段とで構成する。これに対応してR F信号発生手段14は、それら第1のR F信号印加手段と第2のR F信号印加手段とに異なる周波数のR F信号を供給するように構成する。

【0034】なお、他の構成は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同一であるので、その説明を省略する。一般に、A O T Fは、【従来の技術】の項において説明したように、T EモードとT Mモードとに分かれて光導波路を進行し、弾性表面波と相互作用を起こし、特定波長の各モードが入れ替わることによって、特定波長の光を選択する。このとき、T EモードをT Mモードに入れ替える最適なR F信号の周波数とT MモードをT Eモードに入れ替える最適なR F信号の周波数とは、互いに異なる。

【0035】このため、請求項9に記載の可変波長選択

フィルタの構成とすることにより、各モードに対し最大値判別手段12において個別にR F信号の周波数を変化させることができ、その結果に基づいて各モードに対し異なる周波数のR F信号を印加することができるから、請求項1に記載の可変波長選択フィルタに較べより正確に特定波長の光信号を選択することができる。

【0036】次に、請求項10に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項10に記載の可変波長選択フィルタにおいて、A O T F部10は、R F信号印加手段を第1の光導波路に第1のR F信号を印加する第1のR F信号印加手段と第2の光導波路に第2のR F信号を印加する第2のR F信号印加手段とで構成する。これに対応してR F信号発生手段14は、それら第1のR F信号印加手段と第2のR F信号印加手段とに異なる周波数のR F信号を供給するように構成する。

【0037】また、上述したようにA O T F部10と光強度検出手段11との間に第3の偏光手段18を設けて出力される光信号をT MモードとT Eモードとに分岐して光強度検出手段11に出力する。これに対応して光強度検出手段11は、第3の偏光手段18から出力されるT Mモードの光強度を検出する第1の光強度検出手段と第3の偏光手段18から出力されるT Eモードの光強度を検出する第2の光強度検出手段との2つの光強度検出手段で構成する。

【0038】なお、他の構成は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同一であるので、その説明を省略する。このように構成することにより、T Mモード、T Eモードの各モードに対し個別に光強度検出手段11を備えているので、T Eモードに対し最適なR F信号の周波数とT Mモードに対し最適なR F信号の周波数とを独立に探すことができる。そのため、請求項10に記載の可変波長選択フィルタは、正確に特定波長の光信号を選択することができる。

【0039】一方、偏光がゆっくり回転している場合には、請求項10に記載の可変波長選択フィルタが有効であるが、最適なR F信号の周波数を探するための時間よりも高速に偏光が回転している場合には、上述のようにT EモードとT Mモードとを分離して各光強度を検出して最適なR F信号の周波数を探しては、偏光の回転に追いつけない。この場合には、請求項9に記載の可変波長選択フィルタの方が有利である。

【0040】ここで、請求項1、2、3、9、10に記載の可変波長選択フィルタにおいて、挿入すべき挿入光信号がある場合には、挿入光信号もA O T F部10に入力され、A O T F部10においてR F信号による弾性表面波と相互作用をして出力光信号として光伝送路に出力される。

（請求項4ないし請求項6）初めに、請求項4ないし請求項6に記載の可変波長選択フィルタに共通な事項につ

た、基準信号は、図4 (b) に示すように、3 2 波のWDM光信号の信号波長帯から離れた位置であってch1の外側の波長 (第1の基準信号) とch3 2の外側の波長 (第2の基準信号) とに2つ配置される。

【0047】この基準信号とともに入力光信号は、印加するRFF信号の周波数に応じて特定波長の光信号を選択することができる。このAOTF部10は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同様であるのでその説明を省略する。このAOTF部10の第1および第2の光導波路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段2 4によって発生し、RFF信号発生手段2 4は、周波数演算手段2 3によってその周波数が制御される。

【0048】また、AOTF部10によって分岐した光信号は、基準信号を検出する基準信号検出手段2 1に入力される。一方、AOTF部によって分岐しなかった光信号は、AOTF部10から光伝送路に出力光信号として送出される。この基準信号検出手段2 1の出力は、周波数演算手段2 3に入力され、周波数演算手段2 3は、RFF信号発生手段2 4によって発生するRFF信号の周波数を変えながら基準信号検出手段2 1が基準信号を検出した場合におけるRFF信号の周波数と基準信号の波長数とに基づいて可変波長選択フィルタによって選択される光信号の波長数とRFF信号の周波数との関係演算する。

【0049】このような構成の請求項4に記載の可変波長選択フィルタにおいては、周波数演算手段2 3によってRFF信号の周波数を基準信号検出手段2 1が基準信号を検出するまで変化する。そして、周波数演算手段2 3は、基準信号検出手段2 1から出力を受信したときのRFF信号の周波数と基準信号の波長とからRFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。

【0050】この演算方法は、基準信号が図4 (a) のように1つである場合には、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値を記憶しておき、その傾きの値および1組の判別されたRFF信号の周波数と基準信号の波長との値から、RFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。そして、この基準信号の波長とch1の波長との差および各ch間の波長差も判明するので、各chを選択するRFF信号の周波数も演算することができる。

【0051】また、基準信号が、図4 (b) のように2つである場合には、2組の判別されたRFF信号の周波数と基準信号の波長との値から、RFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。そして、第1の基準信号の波長とch1の波長との差、第2の基準信号の波長とch3 2の波長との差および各ch間の波長差も判明するので、各chを選択するRFF信号の周波数も演算することができる。

【0052】こうしてある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

により特定波長を分岐・挿入するRFF信号の周波数がずれたとしてもその特定波長の光信号を選択することができる。次に、請求項5に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項5に記載の可変波長選択フィルタは、請求項4に記載の可変波長選択フィルタにおいて、基準信号の波長数は、光信号を伝送する波長帯域の端の波長数に配置される。

【0053】光通信ネットワークにおいては、光信号を伝送する波長帯域に応じて、S+バンド(1450nm～1490nm)、Sバンド(1490nm～1530nm)、M+バンド(1530nm～1570nm)、Lバンド(1570nm～1610nm)およびL+バンド(1610nm～1650nm)がある。これら各バンドに応じて光信号を増幅する光増幅器が使用されるが、この光増幅器の利得特性は、バンド全体に亘って平坦な利得特性ではなく、各バンドの境界付近において利得が急激に減少する。そのため、各バンドの境界付近の波長には光信号を配置しないので、ここに基準信号を配置することにより、基準信号を使用する可変波長選択フィルタだけでなく、他の可変波長選択フィルタに影響しないようにすることができる。特に、光通信ネットワークの光伝送路に配置される中継光増幅器によって基準信号は、増幅されないもので、この可変波長選択フィルタを使用したOADM装置だけに基準信号をとめて光通信ネットワーク内に送出しようにすることができる。

【0054】次に、請求項6に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。図5は、請求項6に記載の発明の原理構成を示す図である。図6は、ASEの値とWDM光信号との関係を示す図である。図5および図6において、本可変長選択フィルタは、光増幅器3 0、AOTF部10、スペクトルモニタ3 1、波長判別手段3 2、周波数演算手段3 3およびRFF信号発生手段3 4から構成される。

【0055】入力光信号は、この入力光信号を含む波長帯域を増幅する光増幅器3 0に入力される。一般に、光増幅器の増幅媒質中で自然放出光が発生し、この自然放出光は、増幅すべき光信号と同じように増幅され白色雑音となる。これをASE (Amplified Spontaneous Emission) という。入力光信号は、図6に示すようにこのASEを含む光信号となる。

【0056】このASEを含んだ入力光信号は、印加するRFF信号の周波数に応じて特定波長の光信号を選択することができる。AOTF部10に入力される。このAOTF部10は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同様であるのでその説明を省略する。このAOTF部10の第1および第2の光導波路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段3 4によって発生し、RFF信号発生手段3 4は、波長判別手段3 2および周波数演算手段3 3によってその周波数が制御される。

【0057】AOTF部10によって選択しなかった光信号は、光信号の波長とこの波長における光強度とを監視するスペクトルモニタ3 1に入力される。なお、AOTF部10によって選択した光信号がスペクトルモニタ3 1に入力される場合には、後述する。波長判別手段3 2は、伝送する光信号の波長を分岐させない周波数であって光増幅器で発生したASEのうちいずれかの波長を分岐させる既知の周波数のRFF信号を発生させ、スペクトルモニタ3 1からの出力によってASEの波長を検出する。既知の周波数のRFF信号をAOTF部10に印加するとそれに対応する波長のASEが選択されるので、図6に示すように、選択された部分のASEの光強度が減少して値みを作る。この値みを波長判別手段3 2によって検出することによって1組のRFF信号の周波数と選択波長との関係を判別することができる。

【0058】波長判別手段3 2によって判別された1組のRFF信号の周波数と選択波長との関係は、周波数演算手段3 3に出力され、周波数演算手段3 3は、この1組の値に基づいて可変波長選択フィルタによって選択される光信号の波長数とRFF信号の周波数との関係を演算する。この演算方法は、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値を記憶しておき、その傾きの値および1組の判別されたRFF信号の周波数とASEの波長との値から、RFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。

【0059】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化などにより特定波長を選択するRFF信号の周波数がずれたとしてもその特定波長の光信号を選択することができる。次に、請求項7に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。図7は、請求項7に記載の発明の原理構成を示す図である。

【0060】図7において、本可変長選択フィルタは、AOTF部10、スペクトルモニタ4 1、周波数演算手段4 3およびRFF信号発生手段4 4から構成される。入力光信号は、印加するRFF信号の周波数に応じて特定波長の光信号を選択することができる。AOTF部10に入力される。このAOTF部10は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同様であるのでその説明を省略する。このAOTF部10の第1および第2の光導波路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段4 4によって発生し、RFF信号発生手段4 4は、周波数演算手段4 3によってその周波数が制御されるときにも印加しているRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別された1組のRFF信号の周波数と選択波長との関係は、周波数演算手段4 3に出力する。【0061】AOTF部10によって選択しなかった光信号は、光信号の波長とこの波長における光強度とを監視するスペクトルモニタ4 1に入力される。周波数演算手段4 3は、RFF信号発生手段4 4からAOTF部10に印加しているRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別された1組のRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別される。

波長における光強度とを受信する。

【0062】WDM光信号の各chの波長が判っている
ので、スペクトルモニタ41の出力からどのchがAO
TF部10によって選択されたか判別することができ
る。こうして周波数演算手段43は、判別された1組の
R F信号の周波数と選択波長とに基づいて可変波長選択
フィルタによって選択される光信号の波長数とR F信号
の周波数との関係演算することができ。

【0063】この演算方法は、単位R F信号の周波数変
化に対する選択波長変化の値を記憶しておき、その傾き
の値および1組の判別されたR F信号の周波数と選択波
長の波長との値から、R F信号の周波数と選択波長との
関係を演算する。このように構成することにより、ある
温度におけるR F信号の周波数と選択波長との関係が判
別されるので、温度変化などにより特定波長を選択入す
R F信号の周波数がずれたとしてもその特定波長の光
信号を選択することができ。

【0064】(請求項8)請求項8に記載の可変波長選
択フィルタは、受光した光信号と挿入する光信号とを合
波するとともに合波した光信号をT Mモード光とT Eモ
ード光とに分岐する第1の偏光手段と、この第1の偏光
手段によって分岐したT Mモード光を導波する第1の光
導波路と、第1のR F信号を印加する第1のR F信号印加
手段と、第1の偏光手段によって分岐したT Eモード光
を導波する第2の光導波路に第2のR F信号を印加する
第2のR F信号印加手段と、第1のR F信号を印加され
た第1の光導波路と第2のR F信号を印加された第2の
光導波路とからの光信号を合波するとともに送出すべ
き光信号と分岐すべき光信号とに分岐する第2の偏光手
段とを備えて構成され、第1のR F信号の周波数および第
2のR F信号の周波数とに応じて特定波長の光信号を選
択する。

【0065】上述のように、T EモードをT Mモード
に入れ替える最適なR F信号の周波数とT MモードをT
Eモードに入れ替える最適なR F信号の周波数とは、互
いに異なるが、このような構成とすることにより、T E
モード、T Mモードの各モードに対し異なる周波数のR
F信号を印加して細かい調整をすることができ、正
確に特定波長の光信号を分岐・挿入することができ
る。

【0066】(請求項11および請求項12)請求項
11および請求項12は、R F信号の安定化に関する技術
で以下その動作は、トラッキングと称する。後に述べる
スキヤニングと区別するため、スキヤニングとトラ
ッキングについて定義する。スキヤニングとは、光強
度の最大値を与えるR F信号の周波数を選択するため
に、R F信号の周波数を第1の周波数間隔で変えながら
光強度検出手段によって所定波長の光信号を検出し、そ
の光強度が最大となる第1の最大値を判別する動作をい
う。

信号を選択できるか否かの確認専用とし、他のA O T F
を実際の運用とすれば、誤った波長の光信号を選択す
ることがない。

(請求項14)図9は、請求項14に記載の発明の原理
構成を示す図である。なお、図9は、請求項1を基本と
した請求項14に記載の発明の原理構成を示す図であ
り、この場合について以下に説明し、請求項4、6、
7、8を基本とした請求項14に記載の発明について
は、その説明を省略する。

10 【0078】図10は、R F信号の入力強度とリジエ
クションレベルとの関係を示す図である。図10の縦軸
は、(リジエクト光の光強度/入力光の光強度)をdB
単位で表示したリジエクションレベルであり、横軸は、
dB m単位で表示したR F信号の入力強度である。図1
0に示すようにA O T Fによって選択する光の強度であ
るリジエクションレベルは、R F信号の入力強度に依存
し、特定の入力強度の場合に極大値になる。なお、この
特性は、R F周波数を変化させてもほぼ同様の特性とな
る。

20 【0079】図9および図10において、本可変波長選
択フィルタは、A O T F部10、光強度検出手段61、
最大値判別手段12、強度最大値判別手段62、周波数
制御手段63およびR F信号発生手段64から構成され
ている。なお、請求項1と同一の構成については、同一
の符号を付し、その説明を省略する。

【0080】入力光信号は、A O T F部10に入力さ
れ、このA O T F部10によって選択した光信号は、そ
の光強度を検出する光強度検出手段61に入力し、光強
度検出手段61の出力は、最大値判別手段12および強
度最大値判別手段62に入力する。一方、A O T F部に
よって選択しなかった光信号は、A O T F部10から光
伝送路に出力光信号として送出される。

【0081】また、このA O T F部10の第1および第
2の光導波路に印加されるR F信号は、R F信号発生手
段64によって発生し、R F信号発生手段64は、最大
値判別手段12、強度最大値判別手段62および周波数
演算手段63によってその周波数が制御される。最大値
判別手段12の出力は、周波数制御手段63に入力さ
れ、請求項1の原理説明で説明したように、特定波長を
選択するようにR F信号の周波数をまず制御する。

【0082】そして、強度最大値判別手段62は、この
光強度の最大値を与えるR F信号の周波数を維持した状
態で、R F信号発生手段64により発生するR F信号の
出力強度を変えながら光強度検出手段11によって所定
波長の光信号を検出して、この所定波長の光信号に対す
る光強度の最大値を判別する。周波数制御手段63は、
強度最大値判別手段62からこの最適なR F信号の入力
強度の値を受信し、最適なR F信号の周波数と入力強度
とによりR F信号発生手段を制御する。

【0083】こうして図10に示すリジエクションレベ
ルの光伝送路に接続しないで、所望の波長の光

波数とする。L N変調器の可変バイアスコントロール
(A B C) 回路における光信号には既に1 k H zの変調
信号がかけられているが、トラッキングのための変調信
号は、10 k H z以上とするので、このA B C回路の変
調信号と混同することがない。一方、トラッキングのた
めの変調信号は、1 M H z以下とするので、例えば、R
F信号発生手段54内におけるP L L回路の周波数デー
タを正正弦波となるようにC P Uによって制御してその変
調信号を発生させても、高速な変調、同期検波ではない
から、C P Uの負担となり、高速度な変調、同期検波では
ない。

【0073】次に、請求項12に記載の可変選択波長フ
ィルタの原理について説明する。請求項12に記載の可
変波長選択フィルタは、波長分割多重方式の光信号を伝
送する光伝送路に接続され、可変長選択フィルタは、請
求項11に記載の可変波長選択フィルタであって、トラ
ッキング手段によって制御されるR F信号発生手段が発
生するR F信号の周波数は、波長分割多重方式の光信号
間隔に対応するR F信号の周波数の範囲内で変化するよ
うにする。

【0074】トラッキングをかける場合にトラッキングダ
のための変調信号の周波数を大きく振ると隣接するch
に影響を与えてしまう。しかし、このようにすることに
より、大きく外れた周波数が印加されることがないか
ら、他のchに影響を与えることがない。例えば、0.
8 n m間隔のW D M光信号の場合では、隣接するch間
に対するR F信号の周波数の差は、90 k H zであるが
、±45 k H z以下の周波数でトラッキングを行う。
【0075】(請求項13)請求項13に記載の可変波
長選択フィルタは、同一基板上に複数形成され、この複
数の可変波長選択フィルタの温度を同一に制御する温度
制御手段をさらに備えて構成され、可変長選択フィルタ
が、請求項1、4、6、7、8のいずれか1項に記載の
可変波長選択フィルタである。

【0076】O A D M装置に使用されるA O F Tは、従
来図別に温度制御を行っているが、すべてのA O F Tを
0.1℃単位で同一温度に制御することは困難とともな
う。また、O A D M装置の動作を保証するために広い温
度範囲、例えば、0℃ないし60℃に亘ってA O T Fの
温度を正確に制御することは困難を伴う。しかし、A O
T Fを同一の基板上に形成することにより、隣り合うA
O T Fをほぼ同一の温度に制御することができ、しかも
A O T Fの特性はほぼ同一にすることができ、そのため
記載の可変波長選択フィルタによって所望の波長の光信
号を分岐・挿入できるようにしてから、他のA O F Tを
動作させるようにすれば、他のA O F Tにおいても所望
の波長の光信号を分岐・挿入することができ、

【0077】また、請求項1、4、6、7、8のいずれ
か1項に記載の可変波長選択フィルタの出力の光通信ネ
ットワークの光伝送路に接続しないで、所望の波長の光

ルの極大値を与え、R F 信号の入力強度を判別すること
ができるから、請求項 1、4、6、7、8 のいずれか 1
項に記載の可変波長選択フィルタである。

【0087】請求項 16 に記載の可変波長選択フィルタ

は、OADM 装置に使用される可変波長選択フィルタ

を温度変化などにより特定波長の光信号を分岐・挿入す

る R F 信号がずれたとしてもそのずれを補償する請求項

1 ないし請求項 14 に記載の可変波長選択フィルタとす

るので、常に、正確に特定波長の光信号を分岐・挿入す

ることができる。

【0088】さらに、請求項 16 に記載の OADM 装置

は、トラッキングも行い可変波長選択フィルタを使用す

る場合には、一旦特定波長の光信号を分岐・挿入する R

F 信号の周波数が判別されれば、常に特定波長を分岐・

挿入するように R F 信号の周波数を維持することができる。

（請求項 17）請求項 17 に記載の OADM 装置は、波

長分割多重方式の光信号を伝送する光伝送路に接続され

るとともに、印加する R F 信号の周波数に応じて特定波

長の光信号を分岐及び挿入する第 1 の可変波長選択フィ

ルタと、前記第 1 の可変波長選択フィルタによって分岐

した光信号の中から所定波長の光信号を選択する第 2 の

可変波長選択フィルタを備え、とともに該第 2 の可変波

長選択フィルタによって選択された前記所定波長の光信

号を受信処理する受信処理手段と、複数の波長を持つ光

から所定波長の光を選択する第 3 の可変波長選択フィル

タを備え、とともに該第 3 の可変波長選択フィルタによ

って選択された前記所定波長の光を変調して前記第 1 の

可変波長選択フィルタに挿入する光信号を生成する光信

号生成手段とを備える OADM 装置において、第 1 の可

変波長選択フィルタは、請求項 1、4、6、7、8 のい

ずれか 1 項に記載の可変波長選択フィルタであって請求

項 1、4、6、7、8 の可変波長選択フィルタを複数個

連続に接続する。

【0089】このような可変波長選択フィルタでは、1

つの可変波長選択フィルタの AOTF 部では特定波長の

光信号を所定の光強度のレベルまで遮断することができ

ない場合でも、可変波長選択フィルタを複数個連続に接

続するので、所定のレベルまで遮断することができるよ

うにリジューション特性を改善することができる。ま

た、前述したように可変波長選択フィルタの AOTF 部

の波長選択特性の幅が広く、11UT-6.92

nm で規定される 0.8 nm 間隔の波長の隣合う光

信号を 1 つの AOTF で分岐しようとする、クロスト

ークが発生してしまう。しかし、請求項 17 に記載の O

ADM 装置では、可変波長選択フィルタを複数個の連続

接続とするので、1 段目の可変波長選択フィルタにおい

て WDM 光信号の k 番目の光信号を分岐・挿入させ、2

段目の可変波長選択フィルタにおいて k 番目から離れた

WDM 光信号の m 番目の光信号を分岐・挿入させ、以下

同様に前段の可変波長選択フィルタにおいて分岐・挿入

する光信号の n 番目の光信号を分岐・挿入すること

ができるから、請求項 14 に記載の可変波長選択フィル

タは、特定波長を分岐・挿入する R F 信号の周波数だけ

でなく、R F 信号の入力強度も最適化することができる。

【0084】（請求項 15）請求項 15 に記載の OAD

M 装置は、波長分割多重方式の光信号を伝送する光伝送

路に接続されるとともに、印加する R F 信号の周波数に

応じて特定波長の光信号を分岐及び挿入する可変波長選

択フィルタと、前記可変波長選択フィルタに印加する前

記 R F 信号を発生する R F 信号発生手段と、前記可変波

長選択フィルタによって分岐した光信号を受信処理する

受信処理手段と、前記可変波長選択フィルタに挿入する

光信号を生成する光信号生成手段とを備える OADM 装

置において、可変波長選択フィルタは、n 個の光信号を

分岐または挿入することができ、R F 信号発生手段は、

(n+1) 個で構成する。

【0085】OADM 装置で複数の波長の光信号を分岐

・挿入する場合には、可変波長選択フィルタに分岐・挿

入する光信号の数に応じた複数の R F 信号を印加する。

R F 信号発生手段が分岐・挿入する光信号と同数である

と、ある c h から他の c h を分岐・挿入する場合に、使

用していない R F 信号発生手段がないから、ある c h を

分岐・挿入するのに使用しない R F 信号発生手段を他の c

h を分岐・挿入するために使用しなければならない。その

ため、ある c h から他の c h を分岐・挿入するため R

F 信号の周波数を連続的に変化させなければならないか

ら、その間の c h も分岐・挿入することになりその間の

c h に影響を与える。しかし、このように R F 信号発生

手段を OADM 装置において分岐・挿入する数より 1 つ

多く備えることにより、ある c h から他の c h を分岐・

挿入する場合に使用していない R F 信号発生手段の周波

数を他の c h を分岐・挿入する周波数に合わせてから可

変波長選択フィルタに印加することができる。このた

め、その間の c h に影響を与えない。

【0086】（請求項 16）請求項 16 に記載の OAD

M 装置は、波長分割多重方式の光信号を伝送する光伝送

路に接続されるとともに、印加する R F 信号の周波数に

応じて特定波長の光信号を分岐及び挿入する第 1 の可変

波長選択フィルタと、前記第 1 の可変波長選択フィルタ

によって分岐した光信号の中から所定波長の光信号を選

択する第 2 の可変波長選択フィルタを備え、とともに該

第 2 の可変波長選択フィルタによって選択された前記所

定波長の光信号を受信処理する受信処理手段と、複数の

波長を持つ光から所定波長の光を選択する第 3 の可変波

長選択フィルタを備え、とともに該第 3 の可変波長選択

フィルタによって選択された前記所定波長の光を変調し

て前記第 1 の可変波長選択フィルタに挿入する光信号を

生成する光信号生成手段とを備える OADM 装置におい

て、第 1 ないし第 3 の可変波長選択フィルタのうち少な

する光信号とは離れた波長の光信号を後段の可変波長選

択フィルタに分岐・挿入させることにより、クロストー

クを減少させることができる。

【0090】例えば、可変波長選択フィルタを 2 個の縦

続接続とした場合には、1 段目の可変波長選択フィルタ

において WDM 光信号の偶数（奇数）番目の光信号を分

岐・挿入させ、2 段目の可変波長選択フィルタにおいて

WDM 光信号の奇数（偶数）番目の光信号を分岐・挿入

させることにより、クロストークを減少させることがで

きる。

【0091】さらに、請求項 17 に記載の OADM 装置

は、縦続接続する可変波長選択フィルタを温度変化など

により特定波長の光信号を分岐・挿入する R F 信号がず

れたとしてもそのずれを補償する請求項 1 ないし請求項

14 に記載の可変波長選択フィルタとするので、常に、

正確に特定波長の光信号を分岐・挿入することができ

る。

【0092】また、請求項 17 に記載の OADM 装置

は、トラッキングも行い可変波長選択フィルタを使用す

る場合には、一旦特定波長の光信号を分岐・挿入する R

F 信号の周波数が判別されれば、常に特定波長を分岐・

挿入するように R F 信号の周波数を維持することができ

る。

（請求項 18 および請求項 19）図 11 は、請求項 1

8、19 に記載の発明の原理構成を示す図である。

【0093】図 11 において、本スペクトルモニタは、

AOTF 部 10、光強度検出手段 11、最大値判別手段

12、周波数制御手段 13、R F 信号発生手段 14 およ

び配電手段 70 から構成されている。ここで、AOTF

部 10 から光伝送路に送出される前に接続される波長で

示した遮断手段 71 は、請求項 19 に記載のスペクトル

モニタの構成要件であり、請求項 18 に記載のスペクトル

モニタの構成要件ではない。また、請求項 1 と同一の

構成については、同一の符号を付し、その説明を省略す

る。

【0094】まず、請求項 18 に記載のスペクトルモニ

タについて説明する。入力光信号は、AOTF 部 10 に

入力され、この AOTF 部 10 によって分岐した光信号

は、光強度検出手段 61 に入力する。この光強度検出手

段 61 の出力は、最大値判別手段 12 に入力する。一

方、AOTF 部 10 によって分岐しなかった光信号は、AO

T F 部 10 から光伝送路に出力光信号として送出され

る。

【0095】また、この AOTF 部 10 の第 1 および第

2 の光導波路に印加される R F 信号は、R F 信号発生手

段 14 によって発生し、R F 信号発生手段 14 は、最大

値判別手段 12 および周波数制御手段 13 によってその

周波数が制御される。最大値判別手段 12 の出力は、周

波数制御手段 63 に入力され、周波数制御手段 63 は、

請求項 1 の原理説明で説明したように、特定波長を分岐

・挿入するように R F 信号の周波数を制御する。

【0096】また、最大値判別手段 12 は、R F 信号発

生手段で発生させたすべての周波数の値と各周波数に対

応する光強度の値とを配電手段 70 に出力し、配電手段

70 は、これらのすべての値を記憶する。このように構

成することにより、最大値判別手段 12 において、所定

波長の光信号を分岐・挿入する R F 信号の周波数の組が

1 つ判るので、前述した図 2 に示す R F 信号と選択波長

との関係を用いれば、配電手段 70 に記憶した値から、

各光信号の波長に対する光強度も判別することができ

る。

【0097】次に、請求項 19 に記載のスペクトルモニ

タの原理について説明する。請求項 19 に記載のスペク

トルモニタは、請求項 18 に記載のスペクトルモニタに

おいて、送出すべき光信号を出力する出力側に接続され

るとともに該光信号を遮断する遮断手段をさらに備えて

構成する。スペクトルモニタによって分岐しなかった光

信号は、スペクトルモニタに接続される光装置、例え

ば、次のトリビュタリ局やノードに送出されてしま

う。特に、スペクトルモニタを OADM 装置の光信号生

成手段に使用した場合には、OADM 装置の分岐・挿入

を行う AOTF 部においてスペクトルモニタによって分

岐しなかった光信号と光伝送路から入力した光信号との

間でクロストークを生じてしまう。

【0098】しかし、このように構成することにより、

スペクトルモニタによって分岐しなかった光信号は、遮

断されるので、そのような不都合は生じない。遮断手段

は、光減衰器を使用することができ、光スイッチを使

用してこの光スイッチにおいて何も接続していない出力

へスイッチすることにより遮断することができる。光ア

ンプを使用してこの光アンプの励起光を与えないことに

より遮断することができる。また、光変調器を使用し

てこの光変調器の電源を切ることにより遮断することがで

きる。さらに、AOTF を使用してこの AOTF におい

て光信号の波長から離れた波長の光を選択するようにし

て遮断することができる。

【0099】（請求項 20）請求項 20 に記載の OAD

M 装置は、波長分割多重方式の光信号を伝送する光伝送

路に接続されるとともに、印加する R F 信号の周波数に

応じて特定波長の光信号を分岐及び挿入する第 1 の可変

波長選択フィルタと、前記第 1 の可変波長選択フィルタ

によって分岐した光信号の中から所定波長の光信号を選

択する第 2 の可変波長選択フィルタを備え、とともに該

第 2 の可変波長選択フィルタによって選択された前記所

定波長の光信号を受信処理する受信処理手段と、複数の

波長を持つ光から所定波長の光を選択する第 3 の可変波

長選択フィルタを備え、とともに該第 3 の可変波長選択

フィルタによって選択された前記所定波長の光を変調し

て前記第 1 の可変波長選択フィルタに挿入する光信号を

生成する光信号生成手段とを備える OADM 装置におい

て、第 1 ないし第 3 の可変波長選択フィルタのうち少な

て、第1ないし第3の可変波長選択フィルタのうち少なくとも1つは、請求項18または請求項19に記載のスペクトルモニタであって、第1ないし第3の可変波長選択フィルタのうち少なくとも1つを可変波長選択フィルタとして使用するかまたはスペクトルモニタとして使用するかを制御する選択制御手段とをさらに備えて構成し、第1ないし第3の可変波長選択フィルタのうち少なくとも1つは、可変波長選択フィルタとスペクトルモニタとしての機能を兼ね備える。

【0100】このように構成することにより、請求項20に記載のOADM装置は、可変波長選択フィルタとスペクトルモニタとしての機能を兼ね備えることができる。

【0101】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明における実施の形態を説明する。

【0102】（第1の実施形態）第1の実施形態は、請求項1～5、11、12、14～20に記載の発明を用いて構成された可変波長選択フィルタ・OADM装置の実施形態である。

【0103】図12は、第1の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。図12において、OADM装置は、3つの構成部分に大きく分けられることができる。第1の構成部分は、光伝送路を伝送する32波のWDM光信号から必要に応じて分岐した特定波長の光信号を受信処理する受信処理部分である。第2の部分は、受信処理部分に分岐した光信号と同一波長の光信号を光伝送路から取り除き、次のノードに伝送されることを遮断するリジエクト部分である。第3の構成部分は、WDM光信号の送っているchに光信号を生成して挿入する挿入部分である。なお、受信処理部分、リジエクト部分および挿入部分は、それぞれ16波を処理することができる。

【0104】このようにOADM装置は、3つの構成部分から成り立ち、各構成部分に本発明に係る可変波長選択フィルタが使用されているので、以下、各構成部分ごとに説明する。

（第1の実施形態におけるリジエクト部分の構成）まず、このリジエクト部分について説明する。

【0105】図13は、第1の実施形態におけるOADM装置に関し、そのリジエクト部分の構成を示す図である。図12および図13において、光伝送路を伝送してきた32波のWDM光信号は、光強度を増幅する光増幅器80に入射する。このWDM光信号の各ch間隔は、ITU-T G.692勧告の規定に従い0.8nmである。増幅されたWDM光信号は、2つに光を分岐する光カプラ81に入射する。分岐したWDM光信号の一方は、後述する受信処理部分の光カプラ110に入射し、他方は、光カプラ83に入射する。

【0106】一方、基準信号光源82は、後述するAO

50

隔、パワートラッキング間隔、基準信号補正用閾値など蓄積する。

【0111】一方、AOTF部84は通過した光信号は、光カプラ89に入射し、この光カプラ89によって基準信号光源82から入射した第1基準信号および第2基準信号と再度合波される。再度合波するのは、AOTF部84によってこれらの基準信号が選択されて分岐した場合に次段のAOTF部90に入射されない波があるからである。

【0112】合波された光信号は、AOTF部90に入射される。このAOTF部90は、RF信号を発生するRF信号光源98によって印加されたRF信号の周波数に対応して特定の波長の光信号を入射した光信号から選択して分岐し、選択されなかった光信号を通過させる。この分岐した光信号は、その光信号を受光して光強度を検出するPD95に入射する。

【0113】このPD95は、受光した光強度に従ったレベルの電気信号をA/D96に出力する。A/D96は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換してリジエクト側AOTF制御CPU87に送信する。また、RF信号光源98は、このリジエクト側AOTF制御CPU87によって発生するRF信号の周波数とパワー（強度）とが制御される。

【0114】一方、AOTF部90を通過したWDM光信号は、2つに光を分岐する光カプラ91に入射し、分岐した一方のWDM光信号は、AOTF部84、90によって所望の光信号をリジエクトされた否か確認するため、光スイッチ（以下、「光SW」と略記する。）97を介して光の波長とその光強度とを監視するスペクトルモニタ99に入力され、OADM装置制御CPU100によって確認される。確認の結果、所望の光信号がリジエクトされていない場合には、OADM装置制御CPU100は、リジエクト側AOTF制御CPU87に警告を送信して、再度リジエクトさせる。

【0115】光SW97は、スペクトルモニタ99によって光SW97に入射するいずれの光信号をスペクトルモニタ99に入射させるか制御され、指示された光信号をスペクトルモニタ99に入射させる。スペクトルモニタ99は、検出した光の波長とその光強度のデータをOADM装置制御CPU100に出力する。OADM装置制御CPU100は、スペクトルモニタ99からのデータに従ってリジエクト側AOTF制御CPU97、分岐側AOTF制御CPU123および挿入側AOTF制御CPU145を制御する。その各制御は、上述の確認のほか以下の記載で順次明らかにする。

【0116】また、光カプラ91によって分岐した他方のWDM光信号は、光カプラ92に入射し、この光カプラ92によって後述する挿入部分で生成された光信号と合波される。合波されたWDM光信号は、光強度を増幅する光増幅器93に入射し、増幅されて光カプラ94に

50

入射する。光カプラ94は、このWDM光信号を2つに分岐する。分岐した一方のWDM光信号は、光伝送路に送出される。分岐した他方のWDM光信号は、光カプラ92によって挿入部分によって生成された光信号が合波されたか否か確認するために、光SW97を介してスペクトルモニタ99に入力され、OADM装置制御CPU100によって確認される。確認の結果、所望の光信号が合波されていない場合には、OADM装置制御CPU100は、挿入側AOTF制御CPU11に警告を送信し、再度挿入すべき光信号を生成させる。

【0117】（本発明と第1の実施形態におけるリジエクト部分との対応関係）以下、本発明と第1の実施形態におけるリジエクト部分との対応関係について説明する。請求項1ないし請求項3については、後述する受信処理部分における構成を説明するときに対応関係を説明する。

【0118】請求項4、5に記載の可変波長選択フィルタと第1の実施形態との対応関係については、RF信号と第1の実施形態はRF信号光源88、98に対応し、基準信号挿入手段は基準信号光源82と光カプラ83、89とに対応し、基準信号検出手段はPD85、95とA/D86、96とEEPROM101とリジエクト側AOTF制御CPU87とに対応し、周波数演算手段はEPR

OM101とリジエクト側AOTF制御CPU87とに

対応する。

【0119】請求項11、12に記載の可変波長選択フィルタと第1の実施形態との対応関係については、重量手段はRF信号光源88とEEPROM101とリジエクト側AOTF制御CPU87とに対応し、トラッキング手段はPD85とA/D86とリジエクト側AOTF制御CPU87とに対応する。請求項14に記載の可変波長選択フィルタと第1の実施形態との対応関係については、強度最大値判別手段はPD85とA/D86とEEPROM101とリジエクト側AOTF制御CPU87とに対応する。

【0120】請求項15に記載の分岐・挿入装置と第1の実施形態との対応関係については、RF信号発生手段は、RF信号光源88、98に対応する。請求項16、17に記載の分岐・挿入装置と第1の実施形態との対応関係については、第1の可変波長選択フィルタはAOTF部84、90とPD85、95とA/D86、96とEEPROM101とリジエクト側AOTF制御CPU87とRF信号光源88、98とに対応する。

【0121】請求項18ないし請求項20については、後述する挿入部分における構成を説明するときに対応関係を説明する。

（第1の実施形態におけるリジエクト部分の作用効果）次に、AOTF部84におけるリジエクト側AOTF制御CPU87の制御について説明する。

【0122】図14は、基準信号をスキャンする方法を

説明する図である。図14の縦軸は、PD85で検出した光強度に対するA/D86の出力値であり、横軸は、RF信号の周波数である。リジエクト側AOTTF制御CPU87は、OADM装置制御CPU100からリジエクト要求を受け、どのchをリジエクトするか識別する(＃1)。

[0123]そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、EEPROM101に蓄積してある「第1基準信号スキヤン開始RF周波数fa (Hz)」を「基準信号スキヤン開始RFパワーPa (dBm)」を認識込み、RF信号源88へこれらのデータを送信する(＃2)。この第1基準信号スキヤン開始RF周波数faは、第1基準信号を選択して分岐するRF信号の周波数よりも低い周波数に設定される。さらに、前述したように第1基準信号を選択して分岐するRF信号の周波数は、温度に依存するので、EEPROM101に適切な温度間隔を置いてその温度ごとにfaを複数用意しておく。

[0124]そして、RF信号源88は、受信した周波数faおよびパワー(強度)PaのRF信号を発生し、AOTTF部84に印加する(＃3)。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86を監視し、A/D86の出力値がEEPROM101に蓄積されている基準信号処理閾値αより大きい小さいかを判断する。もし、小さい場合(図14の点A)には、EEPROM101に蓄積されている「基準信号スキヤン間隔d (Hz)」を用いて、次にスキヤンを行うRF信号の周波数fbを

$$fb = fa + d \quad \dots 1$$

から求め、新たにRF信号源88へ送信する(＃4)。

[0125]そして、RF信号源88は、受信した周波数fbおよび検出した受信したパワーPaのRF信号を発生し、AOTTF部84に印加する(＃5)。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86を監視し、A/D86の出力値がEEPROM101に蓄積されている基準信号処理閾値αより大きい小さいかを判断する(＃6)。

[0126]そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86の出力値がαより大きくなるまで＃4から＃6までを繰り返す(＃7)。一方、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86の出力値がαより大きい場合(図14の点D、RF信号の周波数fd)には、EEPROM101に蓄積されている「周波数トラッキング間隔Δd (Hz)」を用いて、次にスキヤンを行うRF信号の周波数Δfa、Δfbをfdを中心に、

$$\begin{aligned} \Delta fa &= fd + \Delta d & \dots 2 \\ \Delta fb &= fd - \Delta d & \dots 3 \end{aligned}$$

から求めて、ΔfaおよびΔfbを順次に新たにRF信号源88へ送信する(＃8)。

[0127]そして、リジエクト側AOTTF制御CPU

て、リジエクションレベルをリジエクト側AOTTF制御CPU87に送信する。さらに、リジエクトchを誤っている場合にはその警告もリジエクト側AOTTF制御CPU87に送信する(＃17)。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、受信したリジエクションレベルがEEPROM101に蓄積されている「リジエクションレベル閾値β (dBm)」より大きい小さいかを判断する。受信したリジエクションレベルがβより小さい場合および警告を受信した場合は、再度第1基準信号および第2基準信号のスキヤンを行う(＃18)。

[0134]また、AOTTF部90に対するRF信号の周波数とパワーのスキヤンは、＃1から＃18と同様の制御でリジエクト側AOTTF制御CPUの制御87によって行われるので、その説明を省略する。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU100は、遮断すべきchに対応するRF信号の周波数を演算して、その周波数のRF信号をAOTTF84またはAOTTF部90に印加して、所望のchを遮断させる(＃19)。

[0135]なお、基準信号が第1基準信号だけで第2基準信号がない場合には、EEPROM101は、第2基準信号スキヤン開始RF周波数および第2基準信号スキヤン終了RF周波数に代えて、単位RF信号の周波数に変化に対する選択波長変化の値を蓄積する。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、＃13および＃14に代えて、f(1)、第1基準信号の波長とch1の波長との差、単位RF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各ch間隔からchを選択して遮断するためのRF信号の周波数を算出することを行う。

[0136]このように、所望のchの光信号を遮断する前に、そのchを遮断するRF信号の周波数を探ることで、温度変化などによるRF信号の周波数シフトを補償することができる。したがって、正確に所望のchの光信号を遮断することができる。なお、所望のchの光信号を遮断する前に、＃1から＃19までを繰り返してもよいが、＃15のRF信号のパワーの最適化については、図10で前述したようにRF信号の入力強度とリジエクションレベルとの関係は、RF信号の周波数を変化させてもほぼ同様の特性を示すから、前回に行った結果を使用して＃15を省略することができる。

[0137]また、上述では、基準信号を基準信号光源82によってWDM光信号に挿入したが、光通信ネットワークを運用する上で監視信号であるOSC (Optical Supervisory channel) を基準信号として利用してもよい。こうして最適なRF信号の周波数をAOTTF部84、90に印加することにより、正確に所望のchの光信号を遮断することができるが、遮断している間においても、最適なRF信号は、温度変化、RF信号の周波数のシフトおよびゆらぎなどを正しく遮断するために最適なRF信号の周波数をトラッキングする必要がある。

[0138]次に、このトラッキングについて説明する。図15は、トラッキング用の変調波長と出力光との関係を示す図である。図15の縦軸は、光強度であり、横軸は、RF信号の周波数である。曲線Zは、AOTTF部の選択特性であり、ほぼ左右対称な上に凸の曲線である。この図15において、光強度の最大値を与えるRF信号の周波数が、上述で求めた所望のchを遮断するために最適なRF信号の周波数である。傾斜の下部の曲線は、正弦波状のトラッキング用の変調信号であり、曲線Zの右上の曲線は、これに応じた出力光である。

[0139]AOTTF部84におけるトラッキングとAOTTF部90におけるトラッキングとは、同様のことで、AOTTF部84におけるトラッキングについては説明する。図12、13、15において、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、RF信号源88を制御してAOTTF部84に印加するRF信号の周波数を最適な周波数の中心にわずかに変えて、図15に示すトラッキング用の変調信号を生じさせる。この変調信号を10kHzから1MHzの周波数、例えば、20kHzとする。

[0140]AOTTF部84で遮断される所望のchの光信号は、この変調信号成分を含んでAOTTF部84によって選択されて分岐し、PD85に入射する。PD85は、この光信号の光強度を検出しA/D86を介してリジエクト側AOTTF制御CPU87に出力する。このため、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、この変調信号に対応した光強度の出力値を得られる。

[0141]ここで、光信号をトラッキング用の変調信号で変調しても、本来、AOTTF部84において遮断される光信号であるから、何ら問題ない。リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86の出力値が最も大きくなるように制御する。これは、図15に示すように曲線Zがほぼ左右対称な上に凸の曲線であるので、RF信号の周波数を高い方と低い方とに極くわずかにずらす場合、周波数の高い方と低い方の両方でA/D86の出力値が小さくなれば、その中心の周波数がA/D86の出力値が最も大きくなるからである。

[0142]また、このようにA/D86の出力値が最も大きくなるように制御することにより、最適なRF信号の周波数を維持することができる。ここで、RF信号の周波数を高い方と低い方とに偏る範囲は、幅わずかであるが、0.8nm間隔のWDM光信号の場合では隣接するch間に対するRF信号の周波数の差が90kHzであるから、少なくとも±5kHz以内にしなければならない必要がある。さもないと隣接するchを遮断してしまうことになるからである。

[0143]なお、リジエクト側AOTTF制御CPU87に周波数カウンタを設けた場合には、A/D86の出力値の周期を検出することによって最適なRF信号の周波数を維持することができる。すなわち、RF信号源88が発生するRF信号の周波数が最大値を与える周波

数に一致する場合は、この出力値は、トラッキング用変調信号が1周期する間に、曲線Zの極大値から周波数の高い側に1往復し、さらに周波数の低い側に1往復するので、この変調信号の2倍の周波数の正弦波となる。一方、RF信号源8 8が発生するRF信号の周波数が最大値を与える周波数に一致しない場合は、この出力値は、この変調信号の2倍の周波数を生じない。

【0144】したがって、変調信号の2倍の周期的出力値が得られるようにRF信号の周波数を調節すれば、常に極大値を与える最適なRF信号の周波数に維持することができる。こうしてAOTF部8 4は、一度、特定波長の光信号を分岐・挿入するRF信号の周波数が判別された後は、トラッキングによって最適なRF信号の周波数が制御される。

【0145】また、トラッキング用の変調信号を10 k Hzから1 MHzの範囲内である20 k Hzと設定するので、LN変調器の可変バイアスコントロール回路用には、既にかけられている1 k Hzの変調信号と混同することがない。さらに、その変調信号を1 MHz以下とするので、高周波変調ではないから、リジエクト側AOTF制御CPU 8 7の負担となることもない。

【0146】次に、受信処理部分について説明する。
（第1の実施形態における受信処理部分の構成）この受信処理部分は、請求項1～3、16、17に記載の発明を適用して構成された可変波長選択フィルタ・OADM装置の実施形態である。図16は、第1の実施形態におけるOADM装置に關し、この受信処理部分の構成を示す図である。なお、AOTF部112、113とRF信号源119、120とPD117、120とA/D118と光受信機116とからなる受信処理を行う部分300は、本受信処理部分が16波の受信処理を行うため16個あるが、同一の構成であるため、図12および図15には、そのうちの1波を受信処理する部分のみを示し、これらの図に図示していない。さらに、その説明も同一であるため、以下、1波を受信処理を行う部分について説明する。

【0147】図16において、前述の光カプラ8 1で分岐した32波のWDM光信号は、2つに光を分岐する光カプラ110に入射する。光カプラ110で分岐した一方のWDM光信号は、光カプラ8 1で32波のWDM光信号が分岐したか否かを確認するために、光SW9 7を介してスペクトルモニタ9 9に入射し、OADM装置制御CPU100によって確認される。OADM装置制御CPU100は、WDM光信号が分岐されていることを確認すると、後述する分岐側AOTF制御CPU123に信号を送信し、AOTF制御CPU123に受信処理をさせる。

【0148】一方、光カプラ110で分岐した他方のWDM光信号は、1×16光カプラ111に入射し、16

【0153】また、RF信号源119は、この分岐側AOTF制御CPU123によって発生するRF信号の周波数とパワーとを制御される。一方、光カプラ114で分岐した他方の光信号は、光カプラ115に入射し、光カプラ115で再度2つに分岐される。この光カプラ115で分岐した一方の光信号は、光信号を復調して受信処理を行う光受信機116に入射し、受信処理される。

【0154】また、この光カプラ115で分岐した他方の光信号は、AOTF部112、113によって所望のchの光信号が選択されて分岐されたか否かを確認するため、光SW9 7を介してスペクトルモニタ9 9に入射し、OADM装置制御CPU100によって確認される。OADM装置制御CPU100は、所望のchの光信号が選択されて分岐していないことを確認すると、分岐側AOTF制御CPU123に信号を送信し、AOTF制御CPU123は、再度AOTF部112、113を制御して受信処理を行う。

【0155】本発明と第1の実施形態における受信処理部分との対応関係）以下、本発明と第1の実施形態における受信処理部分との対応関係について説明する。請求項1～3に記載の可変波長選択フィルタと受信処理部分との対応関係については、RF信号発生手段はRF信号源119、122に対応し、光強度検出手段はPD17、120に対応し、最大値判別手段はA/D118、121と分岐側AOTF制御CPU123とEEPROM125とに対応し、周波数制御手段は分岐側AOTF制御CPU123に対応する。

【0156】請求項16、17に記載の分岐・挿入装置と受信処理部分との対応関係については、第2の可変波長選択フィルタはAOTF部112、113とPD11*30

$$f_{bdr} = f_{adr} + d_{dr}$$

から求め、新たにRF信号源122へ送信する（#34）。

【0159】そして、RF信号源122は、受信した周波数f_{bdr}およびパワーP_{adr}のRF信号を発生し、AOTF部112に印加する（#35）。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121を監視し、A/D121の出力値がEEPROM125に蓄積されている基準信号補正用閾値α_{dr}より大きい小さいかを判断する（#36）。

$$\Delta f_{adr} = f_{edr} + \Delta d_{dr}$$

$$\Delta f_{bdr} = f_{edr} - \Delta d_{dr}$$

から求めて、Δf_{edr}およびΔf_{bdr}を順次に新たにRF信号源122へ送信する（#38）。

【0161】そして、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121を監視し、Δf_{edr}に対するA/D121の出力値とΔf_{bdr}に対するA/D121の出力値と比較する（#39）。そして、Δf_{bdr}に対するA/D121の出力値よりΔf_{edr}に対するA/D121の出力値の方が大きい場合には、周波数の中心をf_{edr}か

* 7、120とA/D118、121と分岐側AOTF制御CPU124とEEPROM125とRF信号源119、122とに対応する。

（第1の実施形態における受信処理部分の作用効果）次に、AOTF部112における分岐側AOTF制御CPU123の制御について説明する。

【0157】分岐側AOTF制御CPU123は、OADM装置制御CPU100から受信処理要求を受け、Δchを受信処理するか識別する（#31）。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、EEPROM101に蓄積してある「スキヤン開始RF周波数（Hz）」、「スキヤン開始RFパワーP_{adr}（dBm）」を読み込み、RF信号源122へこれらのデータを送信する（#32）。このスキヤン開始RF周波数f_{adr}は、ch1を選択して分岐するRF信号の周波数よりも低い周波数に設定される。さらに、前述したようにch1を選択して分岐するRF信号の周波数は、温度に依存するので、EEPROM125に適当な温度間隔を置いてその温度ごとにf_{adr}を複数用意しておく。

【0158】そして、RF信号源122は、受信した周波数f_{adr}およびパワー（強度）P_{adr}のRF信号を発生し、AOTF部112に印加する（#33）。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121を監視し、A/D121の出力値がEEPROM125に蓄積されている基準信号補正用閾値α_{dr}より大きい小さいかを判断する。もし、小さい場合には、EEPROM125に蓄積されている「スキヤン間隔d_{dr}（Hz）」を用いて、次にスキヤンを行うRF信号の周波数f_{bdr}を

$$\dots 5$$

※ 【0160】そして、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121の出力値がα_{dr}より大きくなるまで#34から#36までを繰り返す（#37）。一方、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121の出力値がα_{dr}より大きい場合には、EEPROM125に蓄積されている「周波数トラッキング間隔Δd_{dr}（Hz）」を用いて、次にスキヤンを行うRF信号の周波数Δf_{adr}、Δf_{bdr}をそのときにRF信号源122に印加されている周波数f_{edr}を中心にして、

$$\dots 6$$

$$\dots 7$$

らΔf_{edr}に換えて、#38および#39を行う。一方、Δf_{adr}に対するA/D121の出力値よりΔf_{bdr}に対するA/D121の出力値の方が大きい場合には、周波数の中心をf_{edr}からΔf_{bdr}に換えて、#38および#39を行う（#40）。

【0162】このようにA/D121の出力値が大きい方の周波数を次にスキヤンする周波数の中心に換えて、スキヤンを行うと中心の周波数は、A/D121の出力

値の極大値を与える周波数まで移動する。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、このように極大値を判断してスキヤンを停止する（＃41）。

【0163】そして、分岐側AOTF制御CPU123は、その極大値を与える周波数をch1の周波数f(ch1)とする（＃42）。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、f(ch1)、ch1の波長、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各ch間隔から各chを選択して分岐するためのRFF信号の周波数を算出する（＃43）。

【0164】そして、＃31から＃43までの同様の制御により、AOTF部113についても各chを選択して分岐するためのRFF信号の周波数を算出する（＃44）。ここで、図12、16に示すようにAOTF部が2段に接続している場合には、光信号の進行方向に対して前段のAOTF部112のRFF信号の周波数と選択波長との関係を判断している間は、RFF信号の周波数のスキヤンにさい光信号が選択されて分岐してしまうので、後段のAOTF部113において＃31から＄43までの同様の制御によってRFF信号の周波数と選択波長との関係を判断できない。このためAOTF部112のRFF信号の周波数と選択波長との関係の判断とAOTF部113のRFF信号の周波数と選択波長との関係の判断とは、時分割で行う必要がある。AOTF部を多段に接続した場合も同様である。

【0165】そして、OADM装置制御CPU100は、光カプラ115と光SW97とを介してスペクトルモニタ99に選択・分岐後のAOTF部113から出力される光信号を監視させ、所望の光信号が選択・分岐されているか否か、選択・分岐レベルはどの程度かを測定させる（＃45）。そして、OADM装置制御CPU100は、スペクトルモニタ99からこれらのデータを受信して、選択・分岐レベルを分岐側AOTF制御CPU123に送信する。さらに、選択・分岐chを誤っていない場合にはその警告も分岐側AOTF制御CPU123に送信する（＃46）。

【0166】そして、分岐側AOTF制御CPU123は、受信した選択・分岐レベルがEEPROM125に記憶されている「選択・分岐レベル閾値βdr (dBm)」より大きいかなかを判断する。受信した選択・分岐レベルがβdrより小さい場合および警告を受信した場合は、再度ch1のスキヤンを行う（＃47）。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、受信処理すべきchに対応するRFF信号の周波数を演算して、その周波数のRFF信号をAOTF112、113に印加して、所望のchを光受信機116に受信処理させる（＃48）。

【0167】なお、上述の説明では、ch1をスキヤンしてRFF信号の周波数と選択波長との関係を演算したが、別のchをスキヤンしてこの関係を演算してもよ

は、そのまま捨てられる。一方、AOTF部136で選択されて分岐した光は、2つに光を分岐する光カプラ146で分岐される。この光カプラ146で分岐した一方の光は、その光を受光して光強度を検出するPD140に入射する。

【0172】このPD140は、受光した光強度に従ったレベルの電気信号をA/D141に出力する。A/D141は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換して挿入側AOTF制御CPU145に送信する。挿入側AOTF制御CPU145は、スキヤン開始RFF周波数、スキヤン終了RFF周波数、スキヤンRFFパワーおよび単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値などのデータを蓄積したEEPROM147とデータの送受信を行い、AOTF部135、136やRFF信号源139、142などを後述するように制御する。さらに、挿入側AOTF制御CPU145は、印加しているRFF信号の周波数とそのときのA/D141、144からの出力値を蓄積するRAM148とデータの送受信を行う。

【0173】また、RFF信号源139は、この挿入側AOTF制御CPU145によって発生するRFF信号の周波数とパワーとを制御される。一方、光カプラ146で分岐した他方の光信号は、RFF信号を発生するRFF信号源142によって印加されたRFF信号の周波数に対応して特定の波長の光信号を入力した光信号から選択して分岐する波長のAOTF部135に入射する。AOTF部135は、再度AOTF部136と同一chを選択して分岐する。このようにAOTFを2段接続後続するものは、AOTFの波長選択特性の幅が広いことから2段接続することによって、選択光の半値幅を狭くするたためである。このように半値幅を狭くすることによりこのレーザの波長のchに隣接するchへの影響を少なくすることができ。

【0174】AOTF部136によって選択されて分岐した光信号は、2つに光を分岐する光カプラ134に入射する。光カプラ134で分岐した一方の光信号は、その光信号を受光して光強度を検出するPD143に入射する。このPD143は、受光した光強度に従ったレベルの電気信号をA/D144に出力する。A/D144は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換して挿入側AOTF制御CPU145に送信する。

【0175】また、RFF信号源142は、この挿入側AOTF制御CPU145によって発生するRFF信号の周波数とパワーとを制御される。一方、光カプラ134で分岐した他方の光信号は、送出すべき情報に従って入力した光を変調する光変調器133に入射する。入射したLDは、この光変調器133によって変調され挿入すべき光信号となる。この光信号は、光強度を増幅する光アンプ132によって増幅され、光SW131に入射する。

【0176】この光SW131は、入射した光信号を後段の16×1光カプラ130に入射させるか、または何も接続していない光導波路に入射させるかを切り換える。この切換は、挿入側AOTF制御CPU145によって行われ、RFF信号の周波数と選択波長との関係を求めるためにRFF信号の周波数をスキヤンする場合は、何も接続していない光導波路に入射させるように切り換え、光信号を挿入すべく16×1光カプラ130に入射させる場合は、16×1光カプラ130に入射させるように切り換える。このように光SW131を設けることにより、RFF信号の周波数と選択波長との関係を求めるためにRFF信号の周波数をスキヤンする間に、選択されなかった光（非選択光）を16×1光カプラ130に入射させることがない。このため、選択されなかった光（非選択光）を光カプラ92と光アンプ93と光カプラ94とを介して光伝送路に送出することはないので、光伝送路を伝送するWDM光信号とクロストークすることはない。

【0177】光SW131から出力された光信号は、16×1光カプラ130に入射し、この16×1光カプラによって他の挿入すべき光信号と合波されて、光カプラ92に入射する。光カプラ92に入射した合波された光信号は、前述したようにリジエクト部分によって遮断されなかった光信号と合波されて、光アンプ93と光カプラ94とを介して、WDM光信号として光伝送路に送出され、次のノードへ送信される。

【0178】（本発明と第1の実施形態における挿入部分との対応関係）以下、本発明と第1の実施形態における挿入部分との対応関係について説明する。請求項6、17に記載の分岐・挿入装置と挿入処理部分との対応関係については、第3の可変波長選択フィルタはAOTF部135、136とPD140、143とA/D141、144と挿入側AOTF制御CPU145とEEPROM147とRFF信号源139、140とに対応する。

【0179】請求項18、19に記載のスペクトルモニタと挿入部分との対応関係については、配電手段はRAM148に対応し、遮断手段は光SW131に対応する。請求項20に記載の配電の分岐・挿入装置と挿入処理部分との対応関係については、第3の可変波長選択フィルタはAOTF部135、136とPD140、143とA/D141、144と挿入側AOTF制御CPU145とEEPROM147とRAM148とRFF信号源139、140と光SW131とに対応し、選択制御手段は挿入側AOTF制御CPU145に対応する。

【0180】（第1の実施形態における挿入部分の作用効果）次に、AOTF部135、136における挿入側AOTF制御CPU145の制御について説明する。挿入側AOTF制御CPU145は、OADM装置制御CPU100から挿入許可を受け、どのchの光信号を生

成すべきを識別する（＃51）。

【0181】挿入側AOTF制御CPU145は、光S W131を何も接続していない光導波路に入射させるように切り換える（＃52）。この後のRFF信号の周波数と選択波長との関係を判断する制御は、前述の＃42から＃48と同様に考えることができるので、その説明を省略する。そして、挿入側AOTF制御CPU145は、挿入すべきc hに対応するRFF信号の周波数を算出して、その周波数のRFF信号をAOTF135、136に印加し、所望のc hの光を光変調器133に入射させる。この所望のc hの光は、光変調器133で送出すべき情報に基づいて変調され、挿入すべき光信号が生成される（＃53）。

【0182】このように、所望のc hの光信号を生成する前に、そのc hを選択して分岐するRFF信号の周波数を算出する。周波数変化などによるRFF信号の周波数シフトを補償することができる。したがって、正確に所望のc hの光信号を挿入することができる。一方、スペクトルモニタとして動作するときは、挿入側AOTF制御CPU145は、前述の＃32と＃44までの制御の間に、そのRFF信号において、スキャン周波数を変えたときに、そのRFF信号の周波数とその周波数に対するA/D141、144からの出力値の極大値をRAM145に記憶する制御を行うこと以外＃32から＃44と同様の制御を行うので、その説明を省略する。

【0183】そして、挿入側AOTF制御CPU145は、RFF信号の周波数と選択波長との関係に基づいてA/D141、144からの出力値とレーザの波長との対応付けを行う。このように制御することにより、レーザの波長とそのときの光強度とを検出するスペクトルモニタとして使用することができる。

【0184】次に、この第1の実施形態におけるOAD M装置において、光信号を分岐・挿入する場合の全体の制御について説明する。図12、13、16、17において、OADM装置制御CPU100は、どのc hを選出すべきかリジエクト側AOTF制御CPU87に送信する。この信号を受けたリジエクト側AOTF制御CPU87は、上述の＃1から＃19の制御を行い、所望のc hを遮断したことをOADM装置制御CPU100に送信する。そして、リジエクト側AOTF制御CPU87は、上述のトラッキングを行い、最適な遮断状態を維持する。

【0185】信号を受けたOADM装置制御CPU100は、光カブラ91と光WS97とスペクトルモニタ99を介して所望のc hを遮断したことを確認する。ど

のc hの光信号を受信処理するか分岐側AOTF制御CPU123に送信し、さらに、どのc hに光信号を挿入すべきか挿入側AOTF制御CPU145に送信する。

【0186】信号を受けた分岐側AOTF制御CPU123は、上述の＃31から＃48の制御を行い、所望の

【0190】また、分岐した光信号は、16波の光信号を受信処理することができる受信処理回路154に入射し、受信処理される。一方、AOTF部1を通過するW DM光信号は、光信号生成回路152からの光信号を挿入されて、光カブラ155に入射する。光カブラ155は、このWDM光信号を2つに分岐して、一方を光伝送路に送出し、次段のノードに送信する。また、分岐した他方を光WS156に入射する。

【0191】一方、光カブラ151で分岐した32波のWDM光信号は、AOTFユニット153におけるAOTF部2の入力側に入射する。このAOTF部2は、R

F信号の周波数と選択波長との関係を判断するために使用される。AOTF部2は、RFF信号源161によって印加されたRFF信号の周波数に対応して特定波長の光信号を入射したWDM光信号から選択して分岐する。選択されなかったWDM光信号と選択され分岐した光信号とともに、光WS156に入射する。

【0192】光SW156は、スペクトルモニタ157によって光SW156に入射するいずれの光信号をスペクトルモニタ157に入射させるかを制御され、指示された光信号をスペクトルモニタ157に入射させる。スペクトルモニタ157は、検出した光の波長とその光強度とをAOTF制御CPU158に出力する。AOTF制御CPU158は、スペクトルモニタ157から受信した光の波長と光強度とをRAM159に蓄積する。また、AOTF制御CPU158は、ASEリジエクトR F周波数、ASEリジエクトRFFパワーおよび単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値などのデータを蓄積したEEPROM160とデータの送受信を行い、AOTFユニット153、RFF信号源161およびスイッチ162を後述するように制御する。

【0193】（本発明と第2の実施形態との対応関係）以下、本発明と第2の実施形態との対応関係について説明する。請求項6に記載の可変波長選択フィルタとの対応関係については、光増幅器は光アンプ150に対応し、RFF信号発生手段はRFF信号源161に対応し、スペクトルモニタはスペクトルモニタ157に対応し、波長判別手段はAOTF制御CPU158とRAM159とEEPROM160に対応し、周波数演算手段はAOTF制御CPU158とEEPROM160に対応する。

【0194】請求項7に記載の可変波長選択フィルタとの対応関係については、RFF信号発生手段はRFF信号源161に対応し、スペクトルモニタはスペクトルモニタ157に対応し、周波数演算手段はAOTF制御CPU158とEEPROM160に対応する。請求項13に記載の可変波長選択フィルタは、AOTFユニット153に対応し、温度制御手段はベルチエ素子とAOTF制御CPU158に対応する。

【0195】請求項16に記載の分岐・挿入装置と挿入部分との対応関係については、第1の可変波長選択フィルタはAOTFユニット153とRFF信号源161とスペクトルモニタ157とAOTF制御CPU158とEEPROM160とRAM159とスイッチ162とに対応する。

（第2の実施形態の作用効果）AOTF制御CPU158は、光信号をAOTF部1によって分岐・挿入する前に、AOTF部2を使用して、その温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係をAOTF部2を使用して判断する。

【0196】AOTF部1とAOTF部2とは、同一基

板上に形成されていることから、その単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値などの諸特性はほぼ同一である。また、ベルチエ素子によってAOTF部1とAOTF部2とは、同一の温度であるから、判別したAOTF部2におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係は、そのままAOTF部1に当てはまる。

【0197】このため、光伝送路を伝送するWDM光信号に影響を与えることなく、RFF信号の周波数と選択波長との関係を判断することができる。そして、判別した結果を用いるので、光伝送路を伝送するWDM光信号から所望の光信号を正確に分岐・挿入することができる。次に、RFF信号の周波数と選択波長との関係を求める手順について説明する。

【0198】AOTF制御CPU158は、スイッチ162を切ってRFF信号源161からのRFF信号をAOTF部1に印加しないようにする（＃61）。そして、AOTF制御CPU158は、EEPROM160蓄積してある「ASEリジエクトRFF周波数」、「ASEリジエクトRFFパワー」を読み込み、RFF信号源161へのデータのデータを送信する（＃62）。

【0199】そして、RFF信号源161は、受信した周波数およびパワーのRFF信号を発生し、AOTF部1に印加する（＃63）。そして、AOTF制御CPU158は、スペクトルモニタ157にAOTF部2において選択して分岐しない（AOTF部2を通過する）光信号をモニタするように制御し、スペクトルモニタ157は、光SW156に指示してAOTF部2において選択して分岐しない光信号をスペクトルモニタ157に入射させるように制御する（＃64）。

【0200】そして、スペクトルモニタ157は、WDM光信号の波長帯域にわたって光の波長とその波長における光強度とをモニタして、その結果をAOTF制御CPU158に送信する（＃65）

そして、AOTF制御CPU158は、これらの受信データを一旦RAM159に蓄積する（＃66）。

【0201】そして、AOTF制御CPU158は、蓄積したデータを解析してASEの値を検索する（＃67）。この検索は、一定の閾値を設定し、その閾値以下の光強度の範囲において、光強度の極小値を判断することによって行うが、この手法は、第1の実施形態で説明した極大値を求める手法と同様の考えによって行うことができる。

【0202】そして、AOTF制御CPU158は、この極大値を与える波長、ASEリジエクトRFF周波数、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各c h間隔から各c hを選択して分岐するためのRFF信号の周波数を算出する（＃68）。

【0203】そして、AOTF158は、所望のc hに対応するRFF信号の周波数発生するようにRFF信号源161を制御する。さらに、スペクトルモニタ157に

AOTF部2において選択して分岐された光信号をモニタするように制御し、スペクトルモニタ157は、光SW156に指示してAOTF部2において選択して分岐された光信号をスペクトルモニタ157に入射させるように制御する(＃69)。

[0204]そして、スペクトルモニタ157は、そのモニタ結果をAOTF部制御CPU158に送信し、AOTF部制御CPU158は、所望のchの光信号が分岐されたか否かを判定する(＃70)。そして、AOTF制御CPU158は、所望のchの光信号が分岐されている場合には、スイッチ162をオンして、RF信号部から発生する所望のchに対応するRF信号の周波数がAOTF部1に印加されるようにする(＃71)。こうして、所望のchの光信号が正確に分岐・押入される。

[0205]一方、AOTF制御CPU158は、制御の結果所望のchの光信号が分岐されていない場合には、＃61から＃70を繰り返す。このように、所望のchの光信号を分岐・押入する前にRF信号制御用のAOTF部2によって、そのchを分岐・押入するRF信号の周波数を検するで、温度変化などによるRF信号の周波数シフトを補償することができる。したがって、正確に所望のchの光信号を受信処理することができる。

[0206]なお、第2の実施形態においては、スペクトルモニタ157においてAOTF部2を通して光信号からASEの値を判別したが、スペクトルモニタ157によってAOTF部2で選択されたASEを直接判別し、このASEの波長とそれのRF信号の周波数とから、RF信号の周波数と選択波長との関係を演算してもよい。

[0207]また、第2の実施形態において、ASEの値の判別は、第1の実施形態で説明した極大値を求める手法と同様の考えによって行ったが、AOTF部2にASEリジエクトRF周波数を印加した場合のスペクトルモニタ157の出力値とAOTF部2にASEリジエクトRF周波数を印加しない場合のスペクトルモニタ157の出力値との差をとることによっても判別することができる。

[0208]次に、別の実施形態について説明する。
[第3の実施形態の構成] 第3の実施形態は、請求項8～10、16に記載の発明を適用して構成された可変波長選択フィルタ・OADM装置の実施形態である。図19は、第3の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。

[0209]図19において、AOTF部170は、圧電作用を示すニオブ酸リチウムの基板に第1の光導波路172と第2の光導波路173とを形成する。これら光導波路172、173は、互いに2箇所で交叉しており、これら2つの交叉する部分にPBS176、177が設けられている。このPBS176は、光伝送路から

第1の光導波路172に入射したWDM光信号をTMモードとTEモードとに分離し、分離したTMモードのWDM光信号は、第1の光導波路172を進行し、分離したTEモードのWDM光信号は、第2の光導波路173を進行する。また、PBS176は、8波の光信号を生成することができる光信号生成回路181から第1の光導波路172に入射した押入すべき光信号をTMモードとTEモードとに分離し、分離したTMモードの押入光信号は、第1の光導波路173を進行し、分離したTEモードの光信号は、第2の光導波路173を進行する。

[0210]PBS176とPBS177との間における第1の光導波路172上には、金属膜の第1のSAWガイド175が形成されている。この第1のSAWガイド175には、櫛を交互にかみ合わせた形状の電極である第1のIDT174にRF信号を印加することによって発生する弾性表面波が伝搬する。この第1のIDT174に印加するRF信号は、後述するAOTF制御CPU191によってRF信号の周波数と信号強度とが制御されるRF信号源171で発生する。

[0211]また、PBS176とPBS177との間における第2の光導波路173上には、金属膜の第2のSAWガイド178が形成されている。この第2のSAWガイド178には、櫛を交互にかみ合わせた形状の電極である第2のIDT179にRF信号を印加することによって発生する弾性表面波が伝搬する。この第2のIDT179に印加するRF信号は、AOTF制御CPU191によってRF信号の周波数と信号強度とが制御されるRF信号源180で発生する。

[0212]第1の光導波路172は、第1のSAWガイド175と交叉する部分において、弾性表面波による屈折率の周期的な変化が発生する。第1の光導波路172を進行するTMモードのWDM光信号および押入光信号のうちこの屈折率の周期的な変化と相互作用をする波長のみが、TMモードからTEモードに入れ替わる。同様に、第2の光導波路173は、第2のSAWガイド178と交叉する部分において、弾性表面波による屈折率の周期的な変化が発生する。第2の光導波路173を進行するTEモードのWDM光信号および押入光信号のうちこの屈折率の周期的な変化と相互作用をする波長のみが、TEモードからTMモードに入れ替わる。

[0213]そして、この入れ替わったWDM光信号および押入光信号は、PBS177によって進行方向が変わる。このため、相互作用をした波長のWDM光信号のみ第1の光導波路172を進行して、分岐光信号として分岐し、光カプラ183に入射する。一方、相互作用しなかった波長のWDM光信号は、第2の光導波路173を進行して、通過WDM光信号として通過し、光伝送路に送出される。

[0214]また、相互作用をした波長の押入光信号

は、通過するWDM光信号に押入され第2の光導波路173を進行して、WDM光信号として光伝送路に送出される。光カプラ183に入射した分岐光信号は、この光カプラ183によって3つに分岐する。分岐した第1の分岐光信号は、8波の光信号を受信処理することができ、受信処理回路182に入射し、受信処理される。

[0215]分岐した第2の分岐光信号は、PBS184に入射し、TMモードとTEモードとに分離される。分離されたTMモードの分岐光信号は、その分岐光信号を受光した光強度を検出すPD185に入射する。このPD185は、受光した光強度に従ったレベルの電圧信号をA/D187に出力する。A/D187は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換してAOTF制御CPU191に送信する。同様に、分離されたTEモードの分岐光信号は、その分岐光信号を受光して光強度を検出すPD186に入射する。このPD186は、受光した光強度に従ったレベルの電圧信号をA/D188に出力する。A/D188は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換してAOTF制御CPU191に送信する。

[0216]また、分岐した第3の分岐光信号は、その分岐光信号を受光して光強度を検出すPD189に入射する。このPD189は、受光した光強度に従ったレベルの電圧信号をA/D190に出力する。A/D190は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換してAOTF制御CPU191に送信する。このAOTF制御CPU191は、各種データを蓄積したEEPROM192からデータの送受信を行い、RF信号源171、180を後述するように制御する。

[0217] (本発明と第3の実施形態との対応関係) 以下、本発明と第1の実施形態との対応関係について説明する。請求項8に記載の可変波長選択フィルタと第3の実施形態との対応関係については、第1の偏光手段はPBS176に対応し、第1のRF信号印加手段は第1のIDT174と第1のSAWガイド175とに対応し、第2のRF信号印加手段は第2のIDT179と第2のSAWガイド178とに対応し、第2の偏光手段はPBS177に対応する。

[0218]請求項9に記載の可変波長選択フィルタと第2の実施形態との対応関係については、第1のRF信号印加手段は第1のIDT174と第1のSAWガイド175とに対応し、第2のRF信号印加手段は第2のIDT179と第2のSAWガイド178とに対応し、R F信号発生手段は第1のRF信号源171と第2のRF信号源180とに対応する。また、光強度検出手段はPD189に対応し、最大値判別手段はA/D190とAOTF制御CPU191とEEPROM192とに対応し、周波数制御手段はAOTF制御CPU191に対応する。

[0219]請求項10に記載の可変波長選択フィルタ

と第2の実施形態との対応関係については、第3の偏光手段はPBS184に対応し、第1の光強度検出手段はPD185に対応し、第2の光強度検出手段はPD186に対応する。また、最大値判別手段はA/D187、188とAOTF制御CPU191とEEPROM192とに対応し、周波数制御手段はAOTF制御CPU191に対応する。

[0220]請求項16に記載の分岐・押入装置と第2の実施形態との対応関係については、第1の可変波長選択フィルタはAOTF部170とRF信号源171、180とPBS184とPD185、186、189とA/D187、188、190とAOTF制御CPU191とEEPROM192とに対応する。

(第3の実施形態の作用効果) AOTF制御CPU191は、光信号をAOTF部170によって分岐・押入する前に、PD189とA/D190とを介して受信する出力値を使用して、その温度におけるRF信号の周波数と選択波長との関係を判別する。具体的には、以下のよう判別する。

[0221] AOTF制御CPU191は、EEPROM192に格納してある「TMモードスキヤン開始RF周波数」、「TEモードスキヤン開始RF周波数」、「スキヤン開始RFパワー」を読み込み込む(＃80)。

[0222] AOTF制御CPU191は、RF信号源171へ「TMモードスキヤン開始RF周波数」および「スキヤン開始RFパワー」を送信し、RF信号源180へ「TEモードスキヤン開始RF周波数」および「スキヤン開始RFパワー」を送信する(＃81)。そして、AOTF制御CPU191は、常にRF信号源171とRF信号源180との周波数が一致するようにこれらのRF信号源171、180を制御して、第1の実施形態において説明した＃34から＃41と同様の制御により、第1の光導波路172に印加されるRF信号の周波数と第2の光導波路に印加されるRF信号の周波数とが同一の場合の最大値を判別する(＃82)。このときのRF信号の周波数を共通最大周波数と称することとする。

[0223]そして、AOTF制御CPU191は、まず、第2の光導波路173にRF信号を印加するRF信号源180を共通最大周波数に固定し、第1の光導波路172にRF信号を印加するRF信号源171を共通最大周波数の前後に亘る一定の範囲内においてスキヤンして、第1の実施形態において説明した＃4から＃11と同様の考え方によって、TMモードに対する最大値を判別する(＃83)。

[0224]そして、AOTF制御CPU191は、次に、第1の光導波路172にRF信号を印加するRF信号源171を＃83で判別した最大値を与える周波数に固定し、第2の光導波路173にRF信号を印加するRF信号源180を共通最大周波数の前後に亘る一定の

範囲内においてスキヤンして、第1の実施形態において説明した#4から#11と同様の考え方によって、TEモードに対する最大値を判別する(#84)。

【0225】もちろん、#83においてRF信号源171を固定して、TEモードに対する最大値を判別し、次に、#84においてRF信号源180を固定して、TMモードに対する最大値を判別してもよい。

【0226】そして、AOTF制御CPU191は、TMモードの最大値を与えるRF信号の周波数、ch1の波長、単位RF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各ch間隔から各chを選択して分岐したの値および各ch間隔から各chを選択して分岐するためのTMモードにおけるRF信号の周波数と選択波長との関係を示す図である。

【0227】このように、所望のchの光信号を分岐・挿入する前に、そのchを分岐・挿入するRF信号の周波数を探すと、温度変化などによるRF信号の周波数シフトを補償することができる。さらに、TEモードをTMモードに入れ替える最適なRF信号の周波数とTMモードをTEモードに入れ替える最適なRF信号の周波数とは、互いに異なるが、このような構成とすることにより、各モードに対し異なる周波数のRF信号を印加して細かい調整をすることができるから、第3の実施形態におけるOADM装置は、正確に特定波長の光信号を分岐・挿入することができる。

【0228】ここで、光伝送路において偏光がゆっくり回転している場合、AOTF制御CPU191がRF信号源171、180に周波数のデータを送信してその周波数に対するA/D190の出力値を得る時、間よりも偏光がゆっくり回転している場合には、A/D190の出力値ではなく、A/D187、188の出力値を使用することにより、より正確にTMモードにおけるRF信号の周波数と選択波長との関係およびTEモードにおけるRF信号の周波数と選択波長との関係を得ることができる。

【0229】この場合には、#80から#82において、A/D190の出力値の代わりにA/D187の出力値とA/D188の出力値との平均値を用いる。そして、#83において、TMモードに対する最大値を判別する場合、A/D190の出力値の代わりにTEモードのA/D188の出力値を用い、#84において、TEモードに対する最大値を判別する場合には、A/D190の出力値の代わりにTMモードのA/D187の出力値を用いる。このようにしてAOTF制御CPU191は、#80から#86までの制御をすることにより、TMモードにおけるRF信号の周波数と選択波長と

の関係およびTEモードにおけるRF信号の周波数と選択波長との関係を算出することができる。

【0230】このように分岐光信号をPB184によって各モードごとに分離するので、第1の光導波路172を進行する光信号とRF信号源171によって印加されるRF信号との相互作用をより厳密に判別することができる。第2の光導波路173を進行する光信号とRF信号源180によって印加されるRF信号との相互作用をより厳密に判別することができる。このため、第3の実施形態におけるOADM装置は、より正確に特定波長の光信号を分岐・挿入することができる。

【0231】

【発明の効果】請求項1ないし請求項13に記載の発明では、光を分岐・挿入する前にその温度におけるRF信号の周波数と選択波長との関係を判別するから、温度変化や経年変化などが生じても所定波長の光を分岐・挿入することができる。特に、請求項8に記載の発明では、第1の光導波路と第2の光導波路とにRF信号を個別に周波数を変えて印加することができるので、所定波長の光を分岐・挿入するために微妙な調整を行うことができる。

【0232】また、請求項9、10に記載の発明では、第1の光導波路を進行する光とRF信号との相互作用および第2の光導波路を進行する光とRF信号との相互作用を個別に調べて、第1の光導波路と第2の光導波路とにRF信号を個別に周波数を変えて印加することができるので、所定波長の光を分岐・挿入するために微妙な調整を行うことができる。

【0233】請求項14に記載の発明では、所定波長の光信号を充分に遮断することができるので、RF信号の周波数と選択波長との関係をスキヤンして判別する間光信号を光伝送路などに送出することがない。このため光伝送路を伝送する光信号にクロストークなどの影響を与えることがない。請求項15ないし請求項17に記載の発明では、WDM光信号を分岐・挿入する前にその温度におけるRF信号の周波数と選択波長との関係を判別するから、温度変化や経年変化などが生じても所定波長の光を分岐・挿入することができる。

【0234】請求項18、19に記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の可変波長選択フィルタを利用することによってスペクトルモニタを実現することができる。請求項20に記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の可変波長選択フィルタを利用することによってスペクトルモニタの機能を兼ね備えたOADM装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1、2、3、9、10に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

【図2】温度変化に対するRF信号の周波数と選択波長との関係を示す図である。

【図3】請求項4、5に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

【図4】基盤信号とWDM光信号との関係を示す図である。

【図5】請求項6に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

【図6】ASEの値とWDM光信号との関係を示す図である。

【図7】請求項7に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

【図8】請求項11、12に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

【図9】請求項14に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

【図10】RF信号の入力強度とリジエクションレベルとの関係を示す図である。

【図11】請求項18、19に記載のスペクトルモニタの原理構成を示す図である。

【図12】第1の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。

【図13】第1の実施形態におけるOADM装置に関し、リジエクト部分の構成を示す図である。

【図14】基盤信号をスキヤンする方法を説明するための図である。

【図15】トラッキング用の変調信号と出力光との関係を示す図である。

【図16】第1の実施形態におけるOADM装置に関し、受信処理部分の構成を示す図である。

【図17】第1の実施形態におけるOADM装置に関し、挿入部分の構成を示す図である。

【図18】第2の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。

【図19】第3の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。

【図20】従来のAOTFの構成を示す図である。

【図21】AOTFを用いたOADM装置の第1の基本構成を示す図である。

【図22】AOTFを用いたOADM装置の第2の基本構成を示す図である。

【符号の説明】

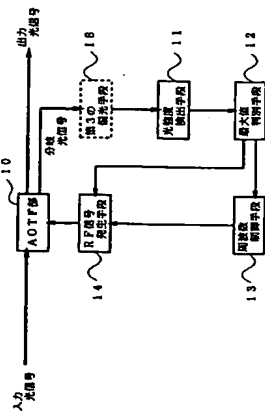
10 AOTF
11、51、61 光強度検出手段
12 最大値判別手段
13 周波数制御手段

14、24、34、44、54 RF信号発生手段
18 第3の偏光手段
20 基盤信号挿入手段
21 基盤信号検出手段
23、33、43、63 周波数演算手段
30 光増幅器

31、41 スペクトルモニタ
32 波長判別手段
50 重畳手段
52 トラッキング手段
62 強度最大値判別手段
70 配線手段
71 遮断手段
80 光アンプ
82 基盤信号源
83、89 光カプラ
84、90、112、113、135、136 AOTF部
85、95、117、120、140、143、185、186、189 PD
87 リジエクト側AOTF制御CPU
88、98、119、120、139、142、161、171、180 RF信号源
99、157 スペクトルモニタ
100 OADM装置制御CPU
101、125、147、160、192 EEPROM
123 分岐側AOTF制御CPU
131 光SW
145 挿入側AOTF制御CPU
148、159 RAM
151 光カプラ
152、181 光信号生成回路
153 AOTFユニット
154、182 受信処理回路
158、191 AOTF制御CPU
162 スイッチ
172 第1の光導波路
173 第2の光導波路
174、179 IDT
175 第1のSAWGガイド
176、177、184 PBS
178 第2のSAWGガイド

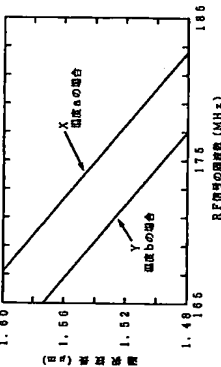
【図1】

図1項1, 2, 3, 9, 10に記述の発明の原理構成



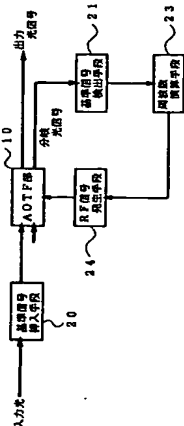
【図2】

温度変化に対するRFT周波数の周波数と選択周波数との関係



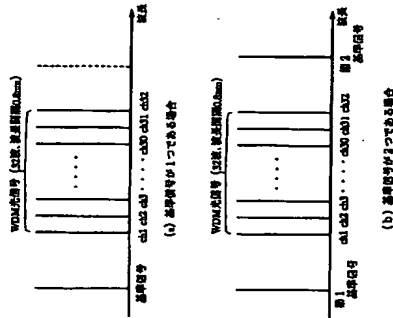
【図3】

図3項4, 5に記述の発明の原理構成



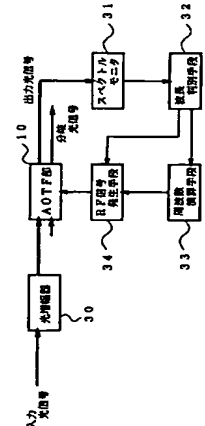
【図4】

基準信号とWDM光信号との関係



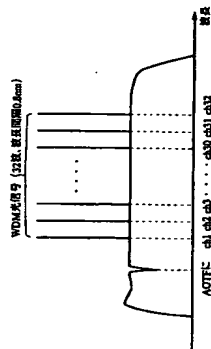
【図5】

図5項6に記述の発明の原理構成



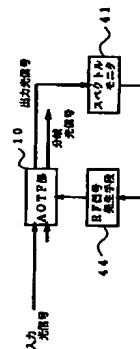
【図6】

A/B波の偏みとWDM光信号との関係



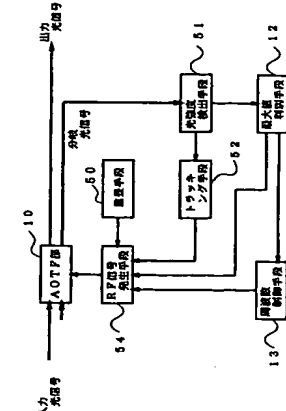
【図7】

図7項下1に記述の発明の原理構成



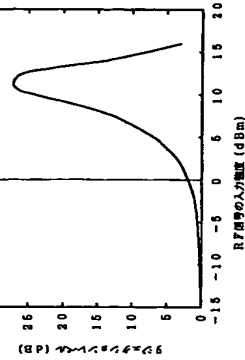
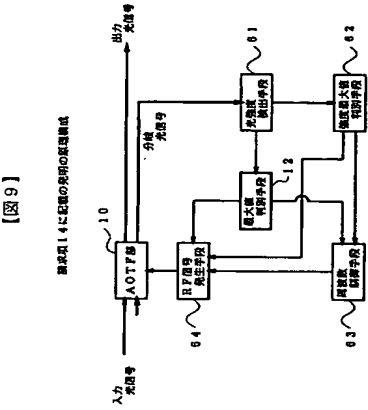
【図8】

図8項11, 12に記述の発明の原理構成



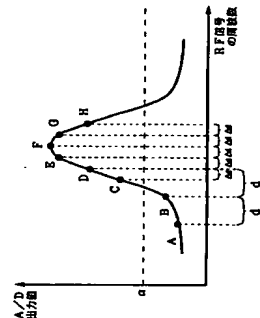
【図9】

図9項14に記述の発明の原理構成



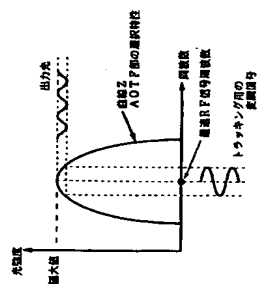
【図14】

基準信号をスキャンする方向を制御するための図



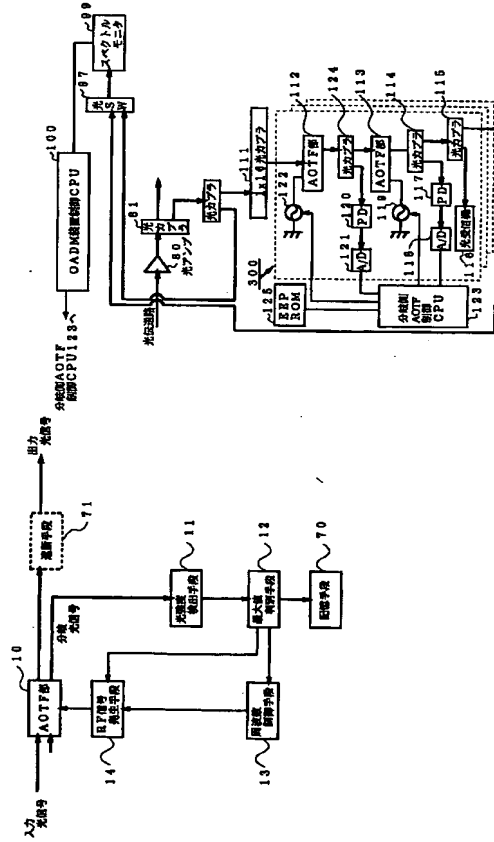
【図15】

トラッキング用の基準信号と出力光との関係



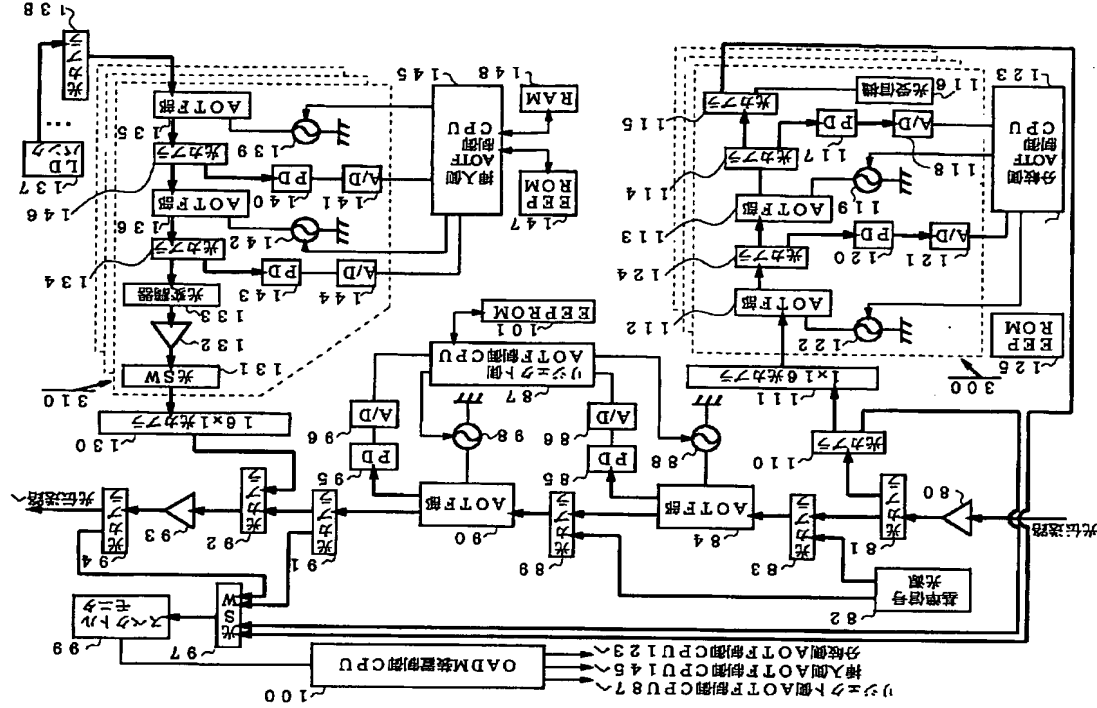
【図11】

図11の構成例におけるOADM装置の構成



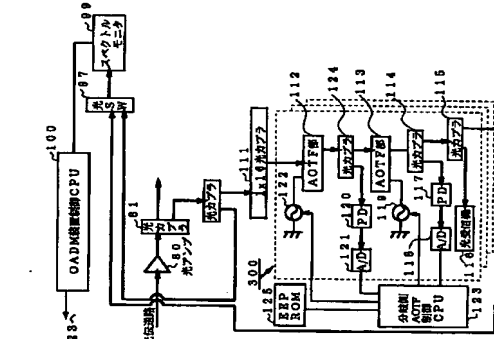
【図12】

第1の実施形態におけるOADM装置の構成



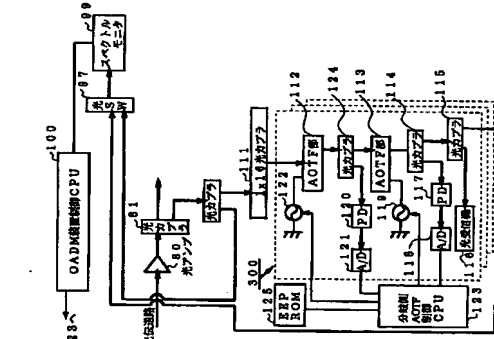
【図16】

第1の実施形態におけるOADM装置の構成
光信号処理部の構成



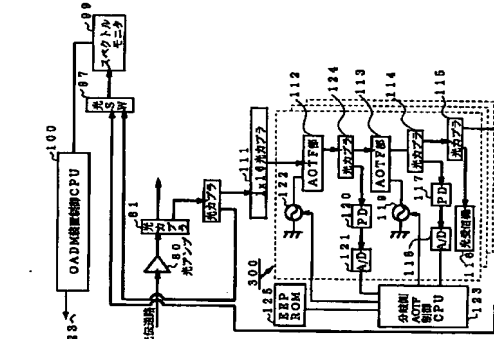
【図17】

第1の実施形態におけるOADM装置の構成
挿入部分の構成



【図18】

第2の実施形態におけるOADM装置の構成



フロントページの続き

(72)発明者 齊藤 芳広
神奈川県横浜市港北区新横浜2丁目3番9
号 富士通デジタル・テクノロジ株式会
社内

(72)発明者 久保寺 和昌
神奈川県横浜市港北区新横浜2丁目3番9
号 富士通デジタル・テクノロジ株式会
社内

Fターム(参考) 2H079 AA04 AA12 BA02 CA07 EA05
EB23 FA03 FA04 HA07 KA06
5K002 BA02 BA04 BA05 CA05 CA13
DA02 EA05 FA01